

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ**

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ**

**НАЦИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ УКРАИНЫ**

**ХАРЬКОВСКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

**БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В.Г. ШУХОВА**

***МАТЕРИАЛЫ III МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ  
ИНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦИИ***

***"Новейшие технологии в электроэнергетике"***



***Март 2010 г.***

**Харьков – ХНАГХ**

**УДК 621.311:378.1**

**ББК 31.2**

Новейшие технологии в электроэнергетике: материалы III международной научно-технической Интернет-конференции. – Харьк. нац. акад. гор. хоз-ва. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 118 с.

В сборнике материалов конференции «Новейшие технологии в электроэнергетике» опубликованы тезисы докладов, посвященные вопросам применения новейших технологий в электроэнергетике, энергоэффективности, а также подготовки специалистов для электротехнической отрасли.

Сборник докладов представляет интерес для научных сотрудников, аспирантов, студентов, а также всех, кто интересуется вопросами применения новых технологий и энергоэффективностью в электроэнергетике.

## ЧЛЕНЫ ОРГАНИЗАЦИОННОГО КОМИТЕТА

**Шутенко Леонид Николаевич** – ректор Харьковской национальной академии городского хозяйства, докт. техн. наук, профессор, председатель комитета;

**Семенов Владлен Трофимович** – проректор по научной работе Харьковской национальной академии городского хозяйства, канд. арх., профессор, зам. председателя комитета;

**Бубенко Павел Трофимович** – директор СВНЦ НАН и МОН Украины, докт. экон. наук, профессор;

**Нестеров Михаил Никитович** – декан Белгородского государственного технологического университета им. В.Г.Шухова, заведующий кафедрой электроэнергетики, канд. техн. наук, профессор (Российская Федерация);

**Лазуренко Александр Павлович** – декан Национального технического университета «Харьковский политехнический институт», канд. техн. наук, доцент;

**Гриб Олег Герасимович** – заведующий кафедрой электроснабжения городов Харьковской национальной академии городского хозяйства, докт. техн. наук, профессор;

**Лисиченко Николай Леонидович** – заведующий кафедрой применения электроэнергии в сельском хозяйстве Харьковского национального технического университета сельского хозяйства им. Петра Василенко, докт. техн. наук, профессор;

**Сапрыка Александр Викторович** – доцент кафедры электроснабжения городов Харьковской национальной академии городского хозяйства, канд. техн. наук, доцент;

**Довгалюк Оксана Николаевна** – доцент кафедры электроснабжения городов Харьковской национальной академии городского хозяйства, канд. техн. наук, доцент.

## **СЕКЦИЯ “СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ”**

*Руководитель секции – д.т.н., проф. Гриб О.Г.*

*Секретарь секции – Сапрыка В.А.*

### **ВЕТРЯНАЯ АККУМУЛИРУЮЩАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ**

А.А. Виноградов, к.т.н., М.Г. Березуцкий

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

В связи с увеличивающимся ростом интереса к нетрадиционной электроэнергетике, в частности к ветроустановкам, была рассмотрена научная работа ученых Палкина Василия Афанасьевича и Бутова Сергея Вячеславовича, в которой решались задачи по созданию ветровой аккумулирующей электростанции принципиально новой конструкции.

Для решения этой задачи ветровая аккумулирующая электростанция, содержащая несколько ветроэнергетических установок, каждая из которых включает ветродвигатель и кинематически связанный с ним компрессор, а также систему трубопроводов для подачи сжатого воздуха от ветроэнергетических установок к турбинам, кинематически связанным с электрическими генераторами, снабжена маховиками с лопатками и дополнительными компрессорами, кинематически связанными с маховиками с помощью включаемых муфт сцепления, при этом система трубопроводов снабжена соплами для подачи сжатого воздуха на лопатки маховиков и турбин, а также задвижками и датчиками давления и частоты вращения для регулирования подачи сжатого воздуха на лопатки турбин и маховиков.

Таким образом, энергия ветра преобразуется сначала в энергию сжатого воздуха, затем либо сразу преобразуется в электрическую, либо, если есть избыток давления, в кинетическую энергию вращающихся маховиков с последующим преобразованием в электричество.

Объединение всех модулей на огромной территории, создание блочно-модульной схемы, способность к аккумулированию ветровой энергии увеличивает мощность электростанции и делает ее работу независимой от отсутствия ветра. Ветровая аккумулирующая электростанция может работать в следующих режимах:

- производство электрической энергии без аккумулирования ветровой энергии;
- производство электрической энергии с одновременным аккумулированием ветровой энергии;
- аккумулирование ветровой энергии без производства электрической энергии;

- производство электрической энергии и сжатого воздуха.

Выбор режима работы зависит от силы ветра, метеорологического прогноза, потребности в электрической энергии и других факторов. Управление работой всей электростанцией целесообразно осуществить при помощи компьютера. Рассматриваемая ветровая аккумулирующая электростанция имеет ряд преимуществ, к которым относится достаточно простая конструкция, надежность в работе, возможность работы в различных режимах и при отсутствии ветра. К недостаткам можно отнести необходимость большой территории с достаточной активностью ветра на которой планируется строительство, а также большие материальные затраты на сооружение всего комплекса электростанции.

## **ОПТИМІЗАЦІЯ МІСЦЬ СЕКЦІОНУВАННЯ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ЗА КРИТЕРІАЛЬНИМИ ЗАЛЕЖНОСТЯМИ**

П.Д. Лежнюк, д.т.н., проф., В.О. Комар, к.т.н., О. І. Казьмірук

*Вінницький національний технічний університет*

Оптимізацію режиму неоднорідної розподільної мережі можна виконати або зниженням ступеня неоднорідності, або примусовою зміною струморозподілу з метою наблизити його до струморозподілу в однорідній мережі. Один з способів корекції струморозподілу є секціонування розподільної електричної енергії. Існує ряд методів для визначення місць секціонування розподільних мереж, які успішно використовуються для розв'язання задачі мінімізації втрат активної потужності. Але спільною рисою цих методів є необхідність повторних розрахунків усталеного режиму для нового варіанту конфігурації мережі (або її частини) з метою оцінки втрат (приросту втрат).

Критеріальне моделювання дозволяє отримати залежності, за якими можна оцінити прирости цільової функції лише за приростами аргументу без додаткових розрахунків. Тому використання такого підходу в задачі визначення оптимальних місць секціонування розподільних мереж дозволило б зменшити об'єм розрахунків та час розв'язання задачі.

Якщо струм у вітці схеми записати

$$\dot{I}_{ai} = J_{a1} \cdot C_{a,i1} + J_{a2} \cdot C_{a,i2}; \quad \dot{I}_{pi} = J_{p1} \cdot C_{a,i1} + J_{p2} \cdot C_{a,i2}, \quad (1)$$

де  $\dot{I}_{ai}$ ,  $\dot{I}_{pi}$  – відповідно активна та реактивна складова струму в  $i$ -й вітці;  $C_{a,i1}$ ,  $C_{a,i2}$  – коефіцієнти струморозподілу в  $i$ -й вітці відповідно від навантаження вузлів 1 і 2, то критеріальний запис його буде мати такий вигляд:

$$\dot{I}_{*ai} = \sum_{j=1}^m \pi_{a,ij} \cdot C_{*a,ij}; \quad \dot{I}_{*pi} = \sum_{j=1}^m \pi_{p,ij} \cdot C_{*a,ij}, \quad (2)$$

де  $\pi_{a,ij} = \frac{J_{aj} \cdot C_{a,ij}^{(a)}}{I_{ai}^{(a)}}$ ,  $\pi_{p,ij} = \frac{J_{pj} \cdot C_{p,ij}^{(a)}}{I_{pi}^{(a)}}$  – критерії подібності відповідно для активної та реактивної складової струмів у вітках.

Якщо підставити в критеріальну залежність втрат активної потужності значення приростів струмів в вітках визначені за (2) отримаємо вираз:

$$\Delta P_* = \sum_{i=1}^n (\pi_{ai} \cdot I_{*ai}^2 + \pi_{pi} \cdot I_{*pi}^2), \quad (3)$$

де  $\pi_{ai} = \frac{r_i I_{aio}^2}{\Delta P_{min}}$  та  $\pi_{pi} = \frac{r_i I_{pio}^2}{\Delta P_{min}}$  – критерії подібності відповідно для активної та реактивної складової втрат;  $I_{aio}$ ,  $I_{pio}$  – відповідно активна та реактивна складова струму у вітці  $i$ ;  $\Delta P_{min}$  – втрати активної потужності, які відповідають базисному варіанту;  $n$  – кількість віток в схемі.

За виразом (3) можна оцінити відносну зміну втрат активної потужності в мережі при переході з однієї схеми до іншої. Тобто, використовуючи (3), можна порівняти між собою різні варіанти секціонування схеми і вибрати оптимальний.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ВЭУ 2000 В УСЛОВИЯХ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

А.А. Виноградов, к.т.н., С.В. Соловьёв

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

Возрастающий интерес к состоянию и перспективам развития энергетики и энергетическим ресурсам связан с глобальными процессами, такими как повышение температуры и запасами углеводородного топлива. К настоящему времени в мире установлено более 20000 ветроэлектрических агрегатов, общая мощность которых превышает 16 млн. кВт. Современные ветроэнергетические установки (ВЭУ) имеют мощность от единиц киловатт до нескольких мегаватт и позволяют экономически эффективно с высокой степенью надежности преобразовывать энергию ветра в электрическую.

Сегодня ВЭУ - это надежные машины, которые весьма эффективно преобразуют энергию ветра в электрическую. Поэтому главный вопрос, который задает себе потребитель, звучит так: «Могу ли я использовать ВЭУ в том месте, где живу». Ответ на него зависит от ряда факторов, которые рассмотрены ниже. Однако первый вопрос, на который должен быть получен ответ, такой: «Достаточно ли высоки скорости ветра для применения ВЭУ в выбранном месте?».

Рассмотрим использование ветроэнергетических установок на примере ВЭУ 2000 (рис. 1), установленной в БГТУ им. В.Г. Шухова.

Ветроэнергетическая установка состоит из:

- Ветроагрегата, предназначенного для преобразования энергии ветрового потока в переменный электрический ток. Состоит из ветроколеса, 3-х фазного генератора переменного тока, установленного при помощи силового каркаса на поворотном механизме с узлами токосъема и хвостового оперения, который ориентирует ветроагрегат по ветру. Генератор расположен в корпусе, состоящем из трех частей, двух симметричных половин и кольцевого обтекателя. Детали корпуса выполнены из композиционного материала со специальным покрытием.

- Ветроколесо расположено на валу генератора, имеет регулятор, двухлопастной винт и обтекатель винта.

- Вышки, имеющей высоту 12 метров, состоящей из пяти основных секций и подъемного узла с центральной фундаментной накладкой. Верхняя секция имеет фланец, к которому крепится ветроагрегат в сборе. В вертикальном положении вышку удерживают два яруса тросовых растяжек, натяжение которых производится талрепами. Вышка и растяжки устанавливаются на бетонные фундаментные узлы, через накладки фундаментные.

- Блока электропитания (БЭ) с выпрямительно-коммутационной коробкой (ВКК), предназначенного для обеспечения работы ветроагрегата. В блоке происходит преобразование переменного напряжения генератора в постоянное стабилизированное напряжение. При работе БЭ в «Основном режиме» это напряжение направляется на заряд аккумуляторной батареи (АБ) и далее на питание инвертора или других потребителей. При работе БЭ в «Дополнительном режиме» (без использования АБ) - на нагрев теплоэлектронагревателей (ТЭН).

БЭ выполнен в виде прямоугольного пластикового корпуса закрытого типа. В основании корпуса расположена печатная плата с микросхемами.

На верхней и боковых плоскостях корпуса БЭ, с внешней стороны, размещены изолированные теплоотводящие радиаторы. Внутри, в нижней части корпуса, установлена клеммная колодка. На лицевой стороне корпуса расположен переключатель режимов работы блока, светодиодные индикаторы, автоматические предохранители и кнопка «Аварийное питание».

ВКК имеет металлический корпус и крепится к вышке на высоте 1 - 1.5 м от уровня земли. Рукоятка переключателя выведена на боковую стенку ВКК, положением переключателя определяется режим работы ВЭУ. ВКК соединяется силовыми кабелями с ветроагрегатом и БЭ через герметичные кабельные вводы.

Данная ветроэлектрическая установка, работает автономно, независимо от сети централизованного энергоснабжения. Поэтому ВЭУ может функционировать самостоятельно, если суммарная мощность потребителя соответствует ее номинальной мощности, использоваться как дублер любого другого генератора или применяться в сочетании с другими энергетическими установками в качестве компонента комбинированной системы энергоснабжения. В БГТУ им. В.Г. Шухова ветроэнергетическая установка обслуживает систему ночного освещения одного из учебных корпусов.

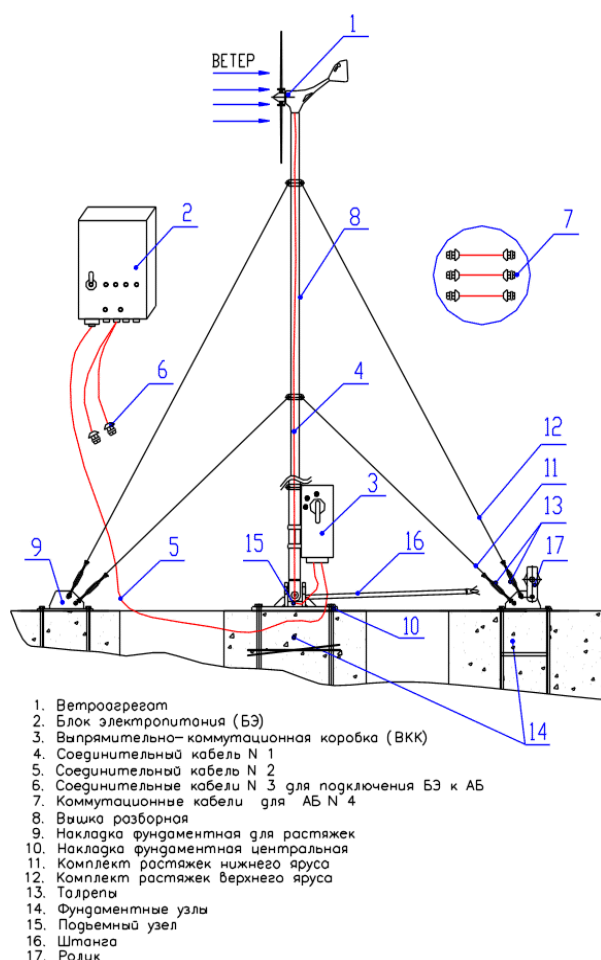


Рис. 1. - Ветроэнергетическая установка

Очевидно, что ключевым фактором, определяющим выбор между применением автономной системы электроснабжения от ВЭУ и проведением линий электропередачи (ЛЭП) от объекта к сетям централизованного энергоснабжения, является конкурентоспособность ее стоимости и срока окупаемости ВЭУ в сравнении с капиталовложениями на подключение и расходами на оплату электроэнергии от централизованного электроснабжения.

Электрическая энергия может быть получена за счет преобразования солнечного излучения фотоэлектрическими батареями (ФБ). Несмотря на довольно высокую, в настоящее время, стоимость ФБ, их использование совместно с ВЭУ в некоторых случаях может быть эффективным. Поскольку зимой существует большой потенциал ветра, а летом в ясные дни максимальный эффект можно получить, используя ФБ, то сочетание этих ресурсов оказывается выгодным для потребителя.

ВЭУ 2000 автономная, надежная установка не требует дежурного персонала в процессе эксплуатации и может работать в любых погодных условиях. Годовая выработка электроэнергии ВЭУ 2000 в зависимости от среднегодовой скорости ветра представлена в табл. 1.

Функциональная схема ВЭУ 2000 приведена на рис. 2.



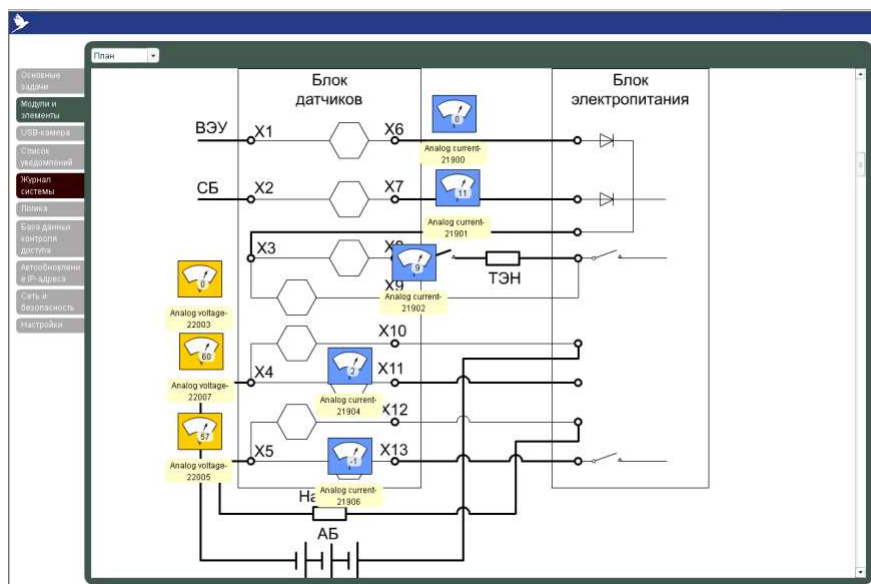


Рис. 2. - Функциональная схема ВЭУ 2000

Таблица 1 - Годовая выработка электроэнергии ВЭУ 2000

Среднегодовая скорость ветра, м/с	4	5	6	7
Годовая выработка электроэнергии, кВт · ч	2030.9	3137.4	4430	5464

Годовая выработка энергии во многом зависит от распределения по скоростям и направлениям местных ветров, а так же от места расположения ветроустановки.

На рис. 3 приведено изображение системы мониторинга. Данная система установлена в подсобном помещении ВЭУ. Данные можно получать на любом компьютере, имеющем доступ к локальной сети университета.

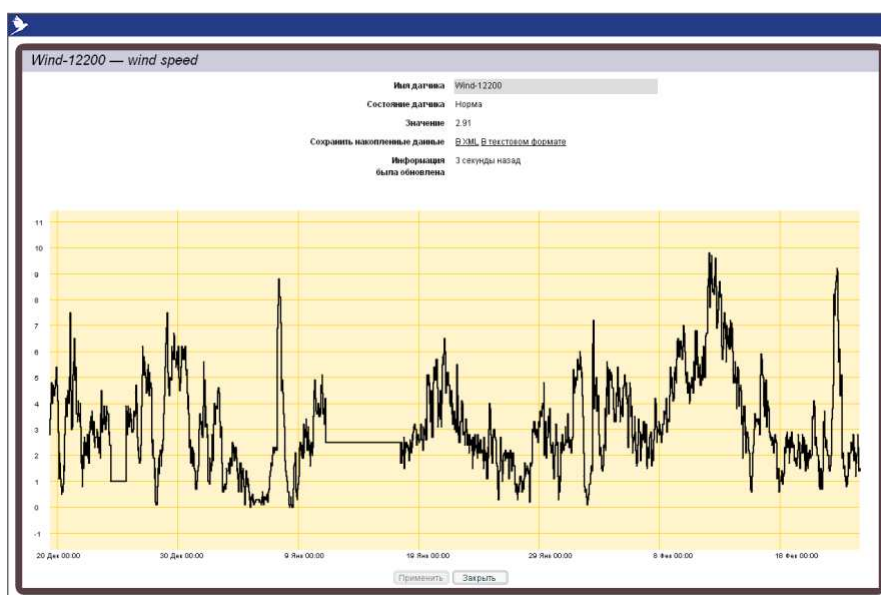


Рис. 3. - Система мониторинга

Если учитывать что среднегодовая скорость ветра в нашем регионе составляет от 3-5 м/с, то примерная годовая выработка с учетом солнечных батарей составляет примерно 2891 кВт·ч.

### **Литература**

1. Безруких П.П., Безруких П.П. Что может дать энергия. Ответы на 33 вопроса. - М.: Атомиздат, 1991.
2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. - М.: Атомиздат, 1987.
3. Справочник-каталог «Оборудование нетрадиционной и малой энергетики». - М: АО «ВИЭН», 2000. - 167 с.

### ***ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В НАРУЖНОМ ОСВЕЩЕНИИ***

О.Г. Гриб, д.т.н., А.В. Сапрыка, к. т. н., О.Н. Довгалоук, к.т.н., В.А.Сапрыка

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

Высокая материалоемкость и достаточно низкая надежность усложняет эксплуатацию осветительных систем наружного освещения. Одним из выходов в сложившейся ситуации является переход на электроснабжение от возобновляемых источников энергии. Это обычно осветительный прибор, в котором питание электроэнергии производится от двух возобновляемых источников энергии: преобразованием энергии солнечного излучения на фотоэлектрических солнечных батареях с использованием высокоэффективных элементов на основе многопереходных каскадных гетероструктур и преобразованием энергии ветрового потока ветротурбинами. В качестве источника света в таком приборе применяются светодиоды или светодиодные модули.

Обычно электрогенерирующая часть схемы состоит из одной или двух солнечных батарей и миниатюрных ветротурбин, приводящих в действие электрогенераторы переменного тока со встроенными выпрямителями. Выработанная солнечными батареями и ветротурбинами электрическая энергия накапливается в аккумуляторах и через блоки управления подается на светодиоды. Блоки управления имеют фотореле и датчик движения для фиксации движения пешеходов, а также акустический (реагирующий на шум) датчик для фиксации движения автотранспорта. Днем все светодиодные модули отключены от питания блокирующими фотореле. С наступлением сумерек и до рассвета светильник включен в ждущем режиме, т.е. работают только дежурные светодиоды, которые обеспечивает минимальную освещенность. При приближении пешехода или автомобиля к освещаемой зоне датчики движения блоков управления подают импульсы на включение питания и светильник работает на полную мощность, обеспечивая необходимую освещенность на тротуаре или дороге. Это позволяет экономно расходовать энергию.

Международные и национальные организации разработали мероприятия

по повышению энергоэффективности, в том числе и по реализации первоочередных мер по экономии электроэнергии в установках внутреннего и внешнего освещения. На рис. 1 представлен график экономии электрической энергии оптическими источниками света. Согласно [1] снизить затраты электроэнергии на 10% и повысить энергоэффективность осветительных установок можно за счет таких мероприятий:

- широкого внедрения в осветительные установки компактных люминесцентных ламп и светодиодов путем прямой замены ими ламп накаливания;
- перехода на осветительные приборы с линейными люминесцентными лампами нового поколения с высокой световой отдачей ( $>105$  лм/Вт);
- использования в осветительных установках электронных пускорегулирующих аппаратов вместо электромагнитных;
- автоматизированного контроля и управления освещением в зависимости от интенсивности естественного света.

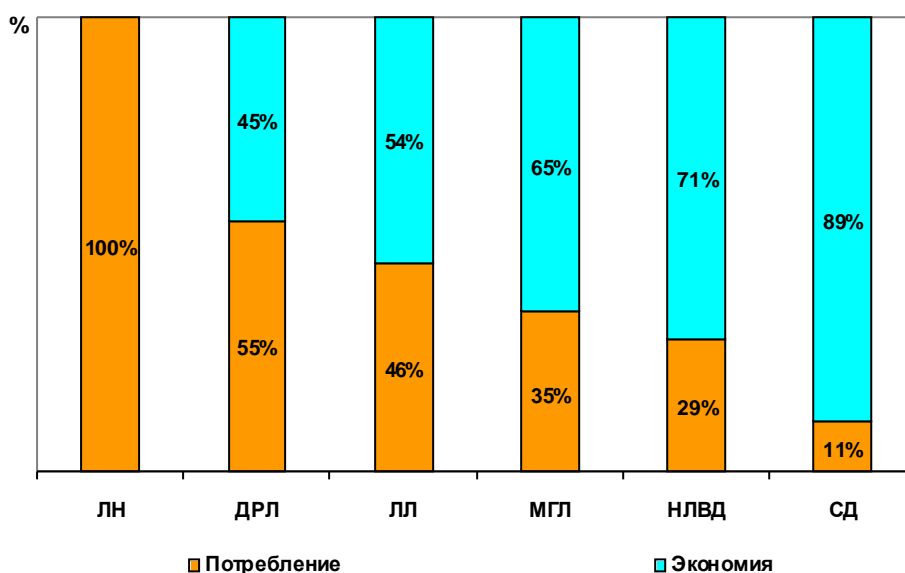


Рис. 1 - График экономии электрической энергии оптическими источниками света

На современном этапе развития наружного освещения автономные светильники на солнечных батареях производятся многими фирмами. Так примером практического воплощения в жизнь освещения от возобновляемых источников энергии является светодиодная лампа на солнечной батарее для наружного освещения MHL-06 FX, выпускаемая известной транснациональной корпорацией DURALED (Lighting Technologies Corp.). Световой поток такой лампы составляет 65 лм. Солнечная батарея генерирующей мощностью 75 Вт при напряжении 12 В обеспечивает номинальный ток до 4,75 А.

Высокое качество солнечных батарей позволяет обеспечивать выработку электроэнергии даже в пасмурную погоду автономной системой освещения со сроком службы основного оборудования свыше 30 лет. Стоимость выработанной электроэнергии составляет 0,44 евро для северной Европы и 0,22 евро для юга. Светильники имеют высоту подвеса 2,5 м, при этом освещенность на поверхности составляет 8-10 лк, а также до 12 м с освещенностью до 15 лк. Изме-

нение стоимости энергии, производимой солнечной фотоэнергетикой для различных регионов Европы, и прогноз изменения стоимости пиковой и базисной электроэнергии приведены на рис. 2.

Концерн Philips также разработал адаптивные осветительные приборы нового поколения, которые могут работать автономно и менять интенсивность освещения. Они называются Light Blossom и внешне напоминают цветок. Источниками света являются светодиоды, которые автоматически включаются, как только на улице темнеет. Если рядом с Light Blossom никого нет, то он работает в экономном режиме, излучая минимум света. При появлении человека интенсивность освещения увеличивается. Они оснащены солнечными батареями, которые используются для накопления энергии. Когда солнца нет, положение лепестков изменяется, и фонарь превращается в ветряной генератор. Положение лепестков меняется автоматически, в зависимости от погоды.



Рис. 2 - Изменение стоимости энергии, производимой солнечной фотоэнергетикой для различных регионов Европы, и прогноз изменения стоимости пиковой и базисной электроэнергии

Светодиодные осветительные приборы по базовым характеристикам (экономии электроэнергии, эксплуатационным и другим затратам) в наружном освещении, в которых питание электроэнергии производится от двух возобновляемых источников энергии, являются более перспективными, чем традиционные, несмотря на более высокую цену. Перевод на полупроводниковые источники света решит проблему утилизации разрядных ламп.

## ***ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ С БОЛЬШИМ ЧИСЛОМ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ***

А.А. Виноградов, к.т.н., С.Н. Костенко

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

Технический результат, заключающийся в упрощении конструкции, обеспечении легкости в монтаже и демонтаже ветроагрегата, а также в простоте технического обслуживания, обеспечивается за счет того, что ветрогенератор, содержащий магнитоэлектрический генератор со статором и ротором, закрепленным на крыльях ветроколеса, согласно изобретению, имеет корпус, выполненный в виде кольца с выполненными входным отверстием, изготовленным в виде конфузора, и выходным отверстием, изготовленным в виде диффузора, причем кривая, образующая поверхность конфузора, соответствует кривой, образующей поверхность диффузора, при этом в корпусе размещен жестко закрепленный вал с размещенными на нем крыльями ветроколеса, причем крылья установлены с возможностью вращения вокруг продольной оси вала, при этом на крыльях ветроколеса установлен ротор, выполненный в виде постоянных магнитов, а симметрично крыльям установлен статор, выполненный в виде катушек с проводом, закрепленных, например, на диске, при этом диск размещен на валу неподвижно, а между статором и ротором имеется зазор, кроме того, вал закреплен на опоре с возможностью вращения вокруг оси опоры.

Данный ветроагрегат конструктивно прост, его можно легко изготовить и смонтировать, просто осуществить ремонт и техническое обслуживание. Недостатком данного изобретения является то, что постоянные магниты размещены на концах ветроколеса в ферромагнитной резине, что значительно увеличивает массу ветроколеса, а это снижает коэффициент полезного действия ветроагрегата.

Из-за значительной массы ветроколеса трудно разместить несколько ветроагрегатов на одном валу последовательно, чтобы увеличить мощность ветроэлектростанции.

Задачей предложенного изобретения является упрощение конструкции, легкость в монтаже и демонтаже ветроагрегата, а также простота в техническом обслуживании. Кроме того, задачей изобретения является возможность последовательно монтировать на одном валу необходимое количество ветрогенераторов, которое определяется требуемой мощностью ветроэлектростанции.

Поставленная задача решается ветрогенератором, содержащим магнитоэлектрический генератор со статором и ротором, закрепленным на крыльях ветроколеса, по изобретению, он содержит корпус, выполненный в виде кольца с выполненными входным отверстием, изготовленным в виде конфузора, и выходным отверстием, изготовленным в виде диффузора, причем кривая, образующая поверхность конфузора, соответствует кривой, образующей поверхность диффузора, при этом в корпусе размещен, жестко закрепленный вал с размещенными на нем крыльями ветроколеса, причем крылья установлены с возможностью вращения вокруг продольной оси вала, при этом на крыльях ветроколеса установлен ротор, выполненный в виде постоянных магнитов, а

симметрично крыльям установлен статор, выполненный в виде катушек с проводом, закрепленных, например, на диске, при этом диск размещен на валу неподвижно, а между статором и ротором имеется зазор, кроме того, вал закреплен на опоре с возможностью вращения вокруг оси опоры.

На конце вала установлен стабилизатор, выполненный в виде пластины, закрепленной на валу параллельно оси опоры.

На чертеже (рис. 1) схематически изображена ветроэлектростанция с тремя ветрогенераторами.

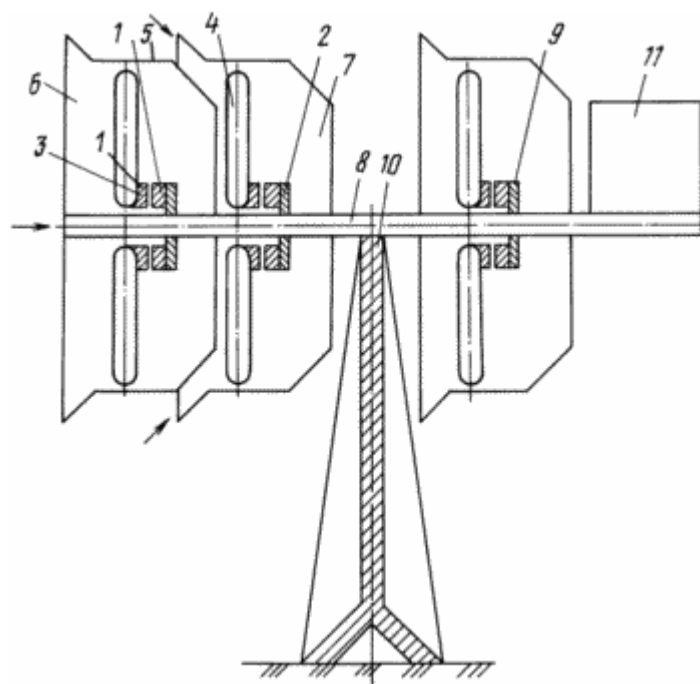


Рис. 1. - Ветроэлектростанция с тремя ветрогенераторами

Ветрогенератор состоит из магнитоэлектрического генератора 1 со статором 2 и ротором 3, закрепленным на крыльях ветроколеса 4, при этом магнитоэлектрический генератор 1 помещен в корпус 5, выполненный в виде кольца с выполненными входным отверстием 6, изготовленным в виде конфузора, и выходным отверстием 7, выполненным в виде диффузора, причем кривая, образующая поверхность конфузора 6, соответствует кривой, образующей поверхность диффузора 7, при этом в корпусе 5 размещен жестко закрепленный вал 8 с размещенными на нем крыльями ветроколеса 4, причем крылья установлены на подшипниках (не показаны) с возможностью вращения вокруг продольной оси вала 8, на крыльях ветроколеса 4 установлен ротор 3, выполненный в виде постоянных магнитов, закрепленных на крыльях ветроколеса 4, например, винтами (не показаны), симметрично крыльям ветроколеса 4 установлен статор 2, выполненный в виде катушек с проводом, закрепленных, например, на диске 9. Крепление катушек может быть различным: винтами, хомутами и т.д. Диск 9 размещается на валу 8 неподвижно, а между ротором 3 и статором 2 имеется зазор. Величина зазора не должна превышать 2 мм, так как при большем зазоре значительно снижается мощность ветрогенератора.

Вал 8 ветрогенератора устанавливается на опоре 10 с возможностью вращения вокруг оси опоры.

Для ориентации ветрогенератора (ветростанций) по направлению ветра на валу 8 закреплена пластина 11 стабилизатора. Пластина крепится (болтами, винтами с помощью сварки) параллельно продольной оси опоры 10.

Вал 8 ветрогенератора устанавливается на опоре 10 с возможностью вращения вокруг оси опоры.

Для ориентации ветрогенератора (ветростанций) по направлению ветра на валу 8 закреплена пластина 11 стабилизатора. Пластина крепится (болтами, винтами с помощью сварки) параллельно продольной оси опоры 10.

Ветрогенератор размещается в корпусе 5 с входным отверстием, выполненным в виде конфузора 6, и выходным отверстием 7, выполненным в виде диффузора.

Такое выполнение стало необходимым для увеличения давления воздуха на лопасти, что достигается выполнением входного отверстия 6, выполненного в виде конфузора.

Поток воздуха стенками, образующими конфузор, сжимается, ускоряется его движение, а значит, и давление на лопасти ветрогенератора, а так как между корпусом и крыльями имеется зазор, а за крыльями ветрогенератора создается разрежение, происходит эжекция воздуха, и дополнительный поток его усиливает давление на крылья. Отработанный в ветрогенераторе воздух выбрасывается через диффузор, ускоряя свое движение. Так как ветростанции могут комплектоваться несколькими ветрогенераторами (на приведенном рисунке их 3), то получается чередование: конфузор, диффузор, конфузор и т.д.

Тем самым достигается равномерное давление воздуха на крылья ветрогенератора при последовательном их размещении на валу 8 за счет эжекции воздуха. Объем эжекции регулируется зазором между конфузором и диффузором, рядом размещенных ветрогенераторов.

## ***ВИКОРИСТАННЯ МІЖНАРОДНОГО СТАНДАРТУ МЕК 61850 ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ЦИФРОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ***

Рожков П.П., к.т.н., доц.

*Харківська національна академія міського господарства*

Рожкова С.Е., к.т.н., доц.

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Аналіз архітектурних рішень побудови інтегрованої АСУЕ НЕК “УК-РЕНЕРГО” показує, що одним з основних напрямків об’єднання наявних систем обліку електроенергії, а також створення сучасних регіональних і центральних рівнів АСУЕ є використання нових міжнародних стандартів [1].

Серед інших, варто виділити стандарт МЕК 61850. Його основне приз-

начення - це об'єктне моделювання даних, регламентація взаємодії й обміну інформацією між інтелектуальними пристроями й приладами рівня підстанцій (цифровий релейний захист й автоматика, пристрої керування вимикачами, вимірювальні прилади й ін).

Цифрова підстанція - підстанція, обладнана комплексом цифрових пристроїв (терміналів) для рішення завдань релейного захисту й автоматики і АСУТП - реєстрації аварійних подій (РАС), обліку й контролю якості електроенергії, телемеханіки. Все встаткування спілкується між собою й центральним сервером об'єкта по послідовних каналах зв'язку на єдиних протоколах.

Передумови до створення цифрових підстанцій:

- зниження капітальних витрат по кабелі й монтажу;
- усунення монополії постачальника термінального встаткування за рахунок стандартизації й уніфікації мережних інтерфейсів і протоколів;
- зниження експлуатаційних витрат;
- підвищення надійності роботи підстанції за рахунок засобів самодіагностики терміналів й інформаційних мереж з можливістю раннього виявлення позаштатних режимів роботи встаткування; виключення несанкціонованих і неправильних дій персоналу; застосування волоконно-оптичних ліній зв'язку, що забезпечують ідеальну гальванічну розв'язку.

Основна відмінність стандарту МЕК 61850 від попередніх стандартів МЕК полягає в тому, що в цьому випадку мова не йде про просте впровадження нового протоколу передачі даних. Основним напрямком стандарту є систематизація інформаційної моделі підстанції. На даному етапі МЕК 61850 ще перебуває на самому ранньому етапі свого впровадження в усім світі - це видно за рівнем розвитку інструментарію для роботи зі стандартом.

Центральною частиною стандарту є МЕК 61850-6, що присвячений мові опису конфігурації підстанції (SCL). За допомогою SCL можна описати:

- однолінійну схему підстанції;
- логічні (функціональні) вузли, прив'язані до силового встаткування;
- інтелектуальні електронні пристрої (повний перелік інформації, що надає пристрій);
- локальну обчислювальну мережу енергетичного об'єкта.

Цифрова підстанція побудована по ієрархічній конструкції інтелектуальних первинних устаткувань і мережних вторинних устаткувань на основі протоколу зв'язку ІЕС61850, при цьому реалізовані спільне використання інформації і взаємні операції між інтелектуальними встаткуваннями. У порівнянні із традиційною підстанцією, змінюються на рівнях осередку й підстанції тільки інтерфейс зв'язку й комунікаційна модель, а на рівні процесу значно змінюється: традиційні ТТ і ТН та кабель між вторинним й первинним встаткуваннями замінюються на електронні ТТ і ТН та кабель з оптичного волокна, первинне встаткування отримає інтелектуальні можливості та ін.

ІЕС61850 розділяє систему цифрової підстанції на три шари: шар процесу, шар осередку й шар підстанції, зв'язок між ними реалізована швидкодіючою мережею, що розділена на дві частини: комунікаційна мережа між шаром осередку й шаром підстанції, і між шаром осередку й шаром процесу.



Оскільки в шарі підстанції застосовується стандарт IEC61850, хост моніторингу, керуючий пристрій телемеханіки й захисна інформаційна підстанція може прямо підключено до пристроїв зі стандартом IEC61850. Спільно поставляються розроблені інженерні інструменти IEC61850 для утворення відповідного файлу SCL протоколу IEC61850-6, що може забезпечити обмін між інженерними інструментами різних фірм постачальників.

Застосовується одиночна ефірна мережа в підстанції при класі напруги нижче 110 кВ, а для підстанції більше 110 кВ, те використовується подвійна ефірна мережа. Дана мережа створена по міжнародному стандарту IEC61850. При підключенні устаткування, що не має протоколу IEC61850, виконуються роботи по адаптації до протоколу стандарту.

Наявність системи автоматизації проектних робіт (САПР) могло б значно розширити застосування MEK 61850, дозволило б повною мірою використати можливості мови SCL й GOOSE повідомлень для автоматизації енергетичних об'єктів, а також зробити методологію стандарту доступної й зрозумілої не тільки для програмістів, але й для інженерів проектувальників й експлуатаційників. Важливою вимогою до такого інструмента є незалежність від виробників пристроїв.

На жаль, через відсутність відповідного програмного забезпечення частина стандарту, присвячена SCL, є найменш використовуваною: як правило, використовується лише формат ICD для опису можливостей окремих енергетичних пристроїв, при цьому залишається зовсім незадіяним наймогутніший функціонал по опису однолінійної схеми підстанції й розподілу логічних вузлів по ній (SSD). Для того щоб при подальшому розширенні не залежати від конкретного постачальника, необхідно конфігурацію проекту підготувати в єдиному форматі SCD, що включав би в себе всю інформацію не тільки по пристроях (ICD), але й за однолінійною схемою підстанції (SSD). SCD файл також включає опис електричних зв'язків і силового встаткування, що відкриває широкі можливості використання цього опису для різних розрахункових завдань, а також включенню даного об'єкта в єдину модель енергосистеми.

Однак опис підстанції в SCL файлі не можна назвати достатнім для побудови системи АСУ ТП об'єкта. Опис також повинне бути доповнений алгоритмами роботи захистів й їхньою взаємодією. Справа в тому, що MEK 61850 не накладає ніяких обмежень на розподіл логічних вузлів по фізичних пристроях. Наприклад, логічний вузол вимикача (XCVR) може бути реалізований у так називаному пристрої вилученого введення/виводу (remote I/O), а вузол блокування заземлюючого ножа (CLO) у контролері приєднання. Завдяки GOOSE повідомленням з'являється можливість організувати обмін даними між фізичними пристроями. Таким чином, інформацію про положення вимикача, одержувану від одного пристрою, ми можемо використати в якості вхідної для логічного вузла блокування роз'єднувача в іншому.

Реалізацію кожного блоку (логічного вузла) можна виконати за допомогою мови MEK 61131. За сформованою схемою взаємодії між пристроями система автоматизованого проектування повинна сформувати необхідні набори даних (data set) для кожного пристрою, також розпланувати передачу GOOSE повідомлень між ними.

## Література

1. А.В. Гинайло, И.Н. Блощаневич, П.С. Лукьянчук, П.Р. Надуда, К.В. Ущеповский, П.А. Сергиенко, В.И. Васильченко, И.В. Войтов Архитектурные решения для реализации интегрированной АСУЭ НЭК “УКРЭНЕРГО”// Электрические сети и системы. - 2007. - №4 - С. 65-73.
2. IEC 61850, “Communication networks and system in substations”, Ed.1, 2003.

## ПЕРЕНАПРУГИ НА НЕЙТРАЛІ ТРАНСФОРМАТОРІВ

В.М. Гаряжа, Д.В. Рум'янцев

*Харківська національна академія міського господарства*

Для аналізу процесу передачі перенапруг через трансформатор у його вторинне коло, а також перенапруг на нейтралі, у випадку коли вона не заземлена (часткове розземлення нейтралей силових трансформаторів 110-220 кВ застосовується як захід обмеження струмів однофазних коротких замикань, які складають головну долю в загальній кількості коротких замикань), необхідне складання схем заміщення трансформатора.

Хвильові процеси в обмотці вищої напруги трансформатора можуть бути передані в обмотку нижчої напруги і на розземлену нейтраль як електростатичним, так і магнітним шляхом. При електростатичній передачі початковий розподіл напруги, який встановився в обмотці вищої напруги передається в обмотку нижчої напруги за рахунок ємнісного зв'язку. Відповідна схема заміщення представлена на рис. 1.

Відкинувши поздовжні ємності обмоток ( $C_{n1}'$  і  $C_{n2}'$ ), трансформатор можна уявити у вигляді узагальненої П-образної схеми заміщення (рис. 2), в якій розподілені ємності  $C_1'$ ,  $C_2'$ ,  $C_{12}'$  замінюються зосередженими.

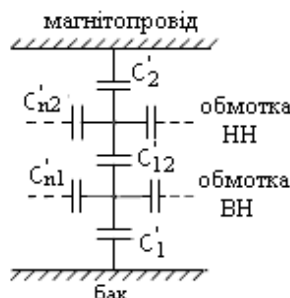


Рис. 1. Ємнісна схема заміщення двохобмоточного трансформатора.

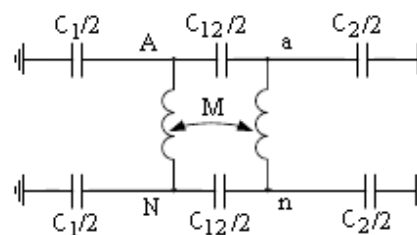


Рис. 2. П-схема заміщення однофазного двохобмоточного трансформатора

Після об'єднання трьох однофазних схем заміщення в трифазну групу із з'єднанням «зірка/трикутник з виведеною нейтраллю» отримаємо схему (рис. 3).

Перетворивши схему (рис. 3), отримуємо схему заміщення (рис. 4), за допомогою якої можливо виконати аналіз передачі перенапруги. Основну увагу будемо приділяти перенапругам на розземленій нейтралі.

Система рівнянь двохобмоточного трансформатора без урахування активних втрат і струму намагнічування має вигляд (в операторній формі):

$$\begin{aligned} U_A - U_N &= p\psi_A + pL_1L_A, \quad U_B - U_N = p\psi_B + pL_1L_B, \quad U_C - U_N = p\psi_C + pL_1L_C, \\ p\psi_A &= pL_2I_{ab} + U_a - U_b, \quad p\psi_b = pL_2I_{bc} + U_b - U_c, \quad p\psi_c = pL_2I_{ca} + U_c - U_a, \\ I_{ab} &= KI_A, \quad I_{bc} = KI_B, \quad I_{ca} = KI_C, \\ \psi_A &= W_1\Phi_A, \quad \psi_B = W_1\Phi_B, \quad \psi_C = W_1\Phi_C, \\ \psi_a &= W_2\Phi_A, \quad \psi_b = W_2\Phi_B, \quad \psi_c = W_2\Phi_C. \end{aligned}$$

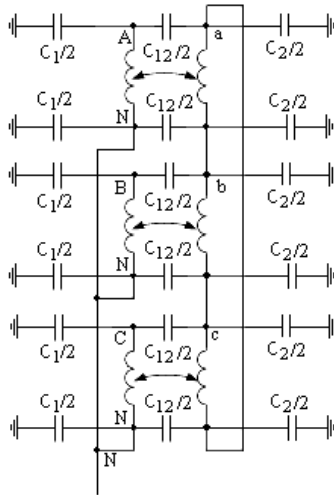


Рис. 3. П-схема заміщення трифазного трансформатора, обмотки якого з'єднані за схемою "зірка/трикутник"

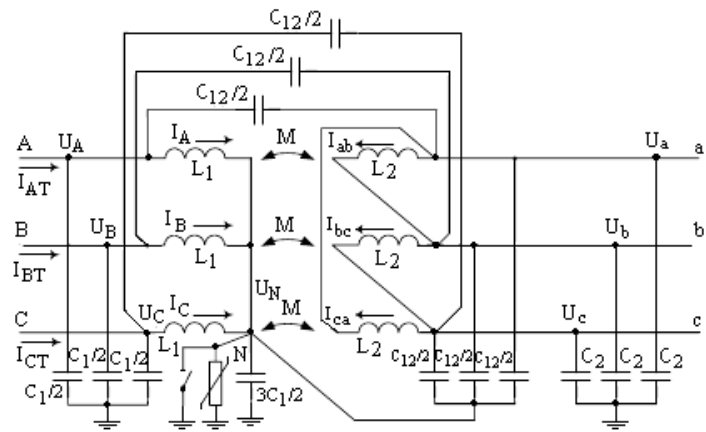


Рис. 4. Розрахункова П-схема заміщення трифазного двохобмоточного трансформатора зі схемою з'єднання обмоток "зірка/трикутник"

При запису рівнянь було введено позначення  $W_1/W_2 = K$ , - відношення чисел витків обмоток на високій і низькій сторонах трансформатора. Після перетворень рівняння можна записати так:

$$\begin{aligned} U_A - U_N &= pL_1I_A + K(pL_2KI_A + U_a - U_b) = pL_TI_A + K(U_a - U_b), \\ U_B - U_N &= pL_TI_B + K(U_b - U_c), \quad U_C - U_N = pL_TI_C + K(U_c - U_a) \end{aligned}$$

де  $L_T = K^2L_2$  - індуктивність короткого замикання трансформатора, приведена до сторони високої напруги.

До рівнянь трансформатора, що визначають електромагнітні зв'язки між обмотками, додамо рівняння в операторному вигляді, які описують електростатичні взаємодії між обмотками.

Тоді для сторони вищої напруги:

$$\begin{aligned} I_{AT} &= \frac{pC_1}{2}U_A + \frac{pC_{12}}{2}(U_A - U_a) + I_A, \quad I_{BT} = \frac{pC_1}{2}U_B + \frac{pC_{12}}{2}(U_B - U_b) + I_B, \\ I_{CT} &= \frac{pC_1}{2}U_C + \frac{pC_{12}}{2}(U_C - U_c) + I_C \end{aligned}$$

для сторони нижчої напруги:

$$\begin{aligned}0 &= pC_2 U_a + \frac{pC_{12}}{2} (U_a - U_N) - \frac{pC_{12}}{2} (U_A - U_a) + I_{ab} - I_{ca} \\0 &= pC_2 U_b + \frac{pC_{12}}{2} (U_b - U_N) - \frac{pC_{12}}{2} (U_B - U_b) + I_{bc} - I_{ab} \\0 &= pC_2 U_c + \frac{pC_{12}}{2} (U_c - U_N) - \frac{pC_{12}}{2} (U_C - U_c) + I_{ca} - I_{bc}\end{aligned}$$

для нейтралі:

$$\frac{p3C_1}{2} U_N = I_A + I_B + I_C + \frac{pC_{12}}{2} (U_a + U_b + U_c - 3U_N).$$

Чисельні значення ємностей обмоток на землю  $C_1$  і  $C_2$ , а також ємності між обмотками  $C_{12}$  можна отримати за емпіричними виразами [1]:

$$C_1 = 0.07 \frac{S^{0.35}}{U_{BH}^{0.175}} 10^{-9} \Phi, \quad C_2 = 1.3 \frac{\sqrt{S}}{U_{HH} + 13 + 0.2\sqrt{S}} 10^{-9}, \quad C_{12} = \frac{\sqrt{S}}{U_{BH}} 10^{-9} \Phi.$$

Для виконання розрахунків індуктивність трансформатора приведено до високої сторони, можна визначити як

$$L_T = \frac{u_k [\%]}{100} \times \frac{U_{BH}^2}{314 S_{ном}}.$$

Рівняння для визначення напруги нейтралі  $U_N$  має вигляд

$$U_N = \frac{(U_A + U_B + U_C)}{3} \times \frac{1 + p^2 L_T \frac{C_{12}^2 / 4}{C_2 + C_{12}}}{1 + p^2 L_T \left( \frac{C_1}{2} + \frac{C_{12}}{2} - \frac{C_{12}^2 / 4}{C_2 + C_{12}} \right)}.$$

Ввівши позначення еквівалентної ємності і частоти, отримуємо напругу на нейтралі

$$U_N = \frac{(U_A + U_B + U_C)}{3} \times \left[ 1 - K_C \times \frac{p^2}{p^2 + \omega_{екв}^2} \right],$$

де  $K_C = \frac{C_{екв} - \frac{C_{12}^2 / 4}{C_2 + C_{12}}}{C_{екв}}$  - коефіцієнт, що визначається через ємності.

При розрахунках напруги на нейтралі для спрощення припускаємо, що первинна обмотка вмикається на джерело постійної напруги. Наявність захисту (обмежувач перенапруги) з боку високовольтної обмотки дозволяє припустити, що напруга, на обмотці трансформатора з боку ВН, дорівнює напрузі, що залишається на захисному апараті.

Якщо до високовольтних обмоток всіх трьох фаз А, В, С одночасно прикласти постійну напругу  $U_A(t)=U_B(t)=U_C(t)=E$ , то в операторній формі  $U_A=U_B=U_C=\frac{E}{p}$ . Оригінал в цьому випадку буде  $U_N = E(1 - \cos \omega_{екв} t)$ .

Видно, що у разі одночасної дії постійної напруги на всі три фази первинної обмотки напруга на розземленій нейтралі носить характер коливань біля напруги  $E$ . Максимум напруги на нейтралі буде за умови  $\omega_{екв} t = 0$ , тобто в момент  $t = \frac{1}{2f_{екв}} = \frac{T_{екв}}{2}$ . Величина максимуму  $U_N^{макс} = E(1 + K_C)$  дещо менша подвоєного значення напруги, яка діє на фази зі сторони високої напруги.

При прикладенні напруги до однієї або декількох фаз високовольтної обмотки на елементах схеми заміщення (рис. 4) з'явиться початковий "ємнісний" розподіл напруг. Лише вслід за миттєвим початковим ємнісним розподілом напруги на нейтралі і на вторинній обмотці розвинуться коливання.

Частка початкової ємнісної напруги на нейтралі визначиться виразом

$$\frac{U_N^{поч}}{E} = 1 - K_C.$$

В експлуатації на обмотки трансформатора впливатимуть не ідеалізовані постійні напруги, а грозові хвилі, які характеризуються кінцевою тривалістю фронту і умовною тривалістю імпульсу  $\tau_{50\%}$ . Нехтуючи фронтом імпульсу, вважаємо, що одночасно на три фази високої сторони трансформатора впливають хвилі напруги  $U_A(t)+U_B(t)+U_C(t) = E \times e^{-\frac{t}{\tau_{имн}}}$ . Умовна тривалість такого імпульсу  $\tau_{50\%} = \tau_{имн} \ln \times 0.69 \tau_{имн}$ .

При дії на високовольтні обмотки постійної напруги  $U_A(t)+U_B(t)+U_C(t) = E$  напруга на нейтралі досягає максимуму в момент часу  $t = \frac{T_{екв}}{2}$ . Середнє значення імпульсу  $E \times e^{-\frac{t}{\tau_{имн}}}$  для визначення максимуму перенапруг на нейтралі в часовому інтервалі  $0 < t < \frac{T_{екв}}{2}$  можливо оцінити як  $E \times e^{\left[ \frac{(T_{екв}/2)/2}{\tau_{имн}} \right]} = E \times e^{\left[ \frac{T_{екв}}{4\tau_{имн}} \right]}$ . Для спрощення замінюємо затухаючий імпульс імпульсом постійної амплітуди  $U_N = E(1 + K_C) \times e^{\left[ \frac{T_{екв}}{4\tau_{имн}} \right]}$ .

При незначній тривалості хвиль ( $\tau_{50\%} = 0.69 \tau_{имн}$ ) коливання напруги на нейтралі не встигнуть розвинути повною мірою, і максимальна напруга на

нейтралі буде невелика. При значних тривалостях ( $\tau_{50\%}$ ) перенапруги можуть бути значними (близько  $2E$ ).

При дії тільки на одну з фаз високовольтної обмотки трансформатора з розземленою нейтраллю струм ураженої фази проходить через неуразені фази і далі по дротах повітряної лінії (ПЛ). За цієї умови для отримання оцінок максимальних перенапруг на нейтралі можна вважати  $U_B(t) = U_C(t) = 0$ . Якщо напруги  $U_A(t) = U_B(t)$  прикладені до двох фаз трансформатора, то можна спрощено вважати  $U_C(t) = 0$ . З урахуванням цього

$$U_N = \frac{nU}{3} \times \left[ 1 - K_C \times \frac{p^2}{p^2 + \omega_{екв}^2} \right],$$

де  $n$  - число фаз трансформатора, до яких одночасно була прикладена напруга.

Отримуємо вираз

$$U_N = \frac{nE}{3} \times (1 + K_C) \times e^{\left[ \frac{T_{екв}}{4\tau_{лмн}} \right]}, \quad U(t) = E \times e^{\frac{\tau_{50\%}}{\tau_{лмн}}}.$$

Найбільші перенапруги на нейтралі трансформатора будуть при дії хвиль грозових перенапруг одночасно на три фази високовольтної обмотки трансформатора, а мінімальні перенапруги - при дії лише на одну фазу.

Таким чином, отримані аналітичні вирази дозволяють оцінити максимальні грозові перенапруги на ізоляції розземленої нейтралі силових трансформаторів 110-220 кВ.

## Література

1. В.В. Базуткин, К.П. Кадомская, М.В. Костенко, Ю.А. Михайлов. Перенапряжения в электрических системах и защита от них. – СПб.: Энергоатомиздат, Санкт-Петербургское отделение, 1995. – 209 с.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА НАРУШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

О.Г. Гриб, д.т.н., Д.В. Бородин

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

Качество электрической энергии (КЭЭ) является одним из важнейших факторов, определяющих возможность экономичной и длительной эксплуатации электрооборудования как у потребителей, так и на электроснабжающих предприятиях является нормальное КЭЭ, требования к которому в Украине определены [1]. Низкое КЭЭ вызывает дополнительные потери в оборудовании, неправильный учёт электроэнергии, преждевременный износ, отключения и от-

казы оборудования, что приводит к значительным финансовым убыткам, в т.ч. к штрафам за срыв поставок и обязательств. В Украине по данным Института электродинамики НАН Украины снижение качества электроэнергии увеличивает её расход на 10-12%.

В России и в Украине в последние годы проведены теоретические исследования проблемы определения ответственности за ухудшение КЭЭ [2], которые дают математический аппарат, позволяющий решить проблему на базе измерений показателей КЭЭ (ПКЭ).

Хотя проблеме КЭЭ посвящены многие научные работы [3-8], однако пока ещё не наработан опыт практического применения разработанных методов, в Украине отсутствуют публикации, касающиеся практического приборного определения виновности за «плохое» КЭЭ, не соответствующее [1].

В статье приведен практический опыт приборного определения ответственности за ухудшение КЭЭ на границе балансовой принадлежности между потребителем (стеклозавод) и поставщиком электроэнергии (АК «Харьковоблэнерго»).

На недавно построенном, оснащённом современным технологическим оборудованием Малиновском стеклозаводе возникали сбои в работе основного оборудования, что вызвало необходимость в проверке КЭЭ.

Малиновский стеклозавод вступил в строй в 2007 г. и выпускает стекло-тару. Играющая ключевую роль в технологическом цикле стеклоплавильная печь работает непрерывно круглосуточно. К оборудованию предъявляются высокие требования по надёжности.

Электроприёмники завода запитаны от 3-фазной электрической сети переменного тока, включающей распределительную сеть 0,4 кВ (кабели, силовые щиты и распределительные шкафы), 3 трансформаторных подстанции 6/0,4 кВ с 6 трансформаторами суммарной мощностью 9600 кВА и РП-6 кВ, получающий питание от ПС-110 кВ «Малиновка» по 4 кабельным ЛЭП. Оборудование РП, ТП, силовых щитов и распределительных шкафов произведено корпорацией АВВ. Конденсаторные батареи обеспечивают на вводах ТП коэффициент мощности 0,98-0,99.

Измерения КЭЭ проводились как в 4-проводной сети предприятия 0,4 кВ, так и на границе балансовой принадлежности (ГБП) – на вводах 6 кВ заводского РП, в сети с изолированной нейтралью (3 точки контроля). Измерения осуществлялись анализатором ПКЭ «Ресурс UF2M» (НПП «Энерготехника», Россия), измерялись параметры как системы напряжений, так и системы токов во всех 3 фазах.

Измерения КЭЭ в сети 0,4 кВ выполнялись в 14 точках контроля.

Анализ результатов измерений во внутренней сети предприятия показал, что по основным показателям качества электроэнергии отклонений от норм, за исключением несинусоидальности, не зафиксировано.

Обращают на себя внимание на следующие результаты измерений (см. рис.1 и рис.2 – примеры полученных графиков).

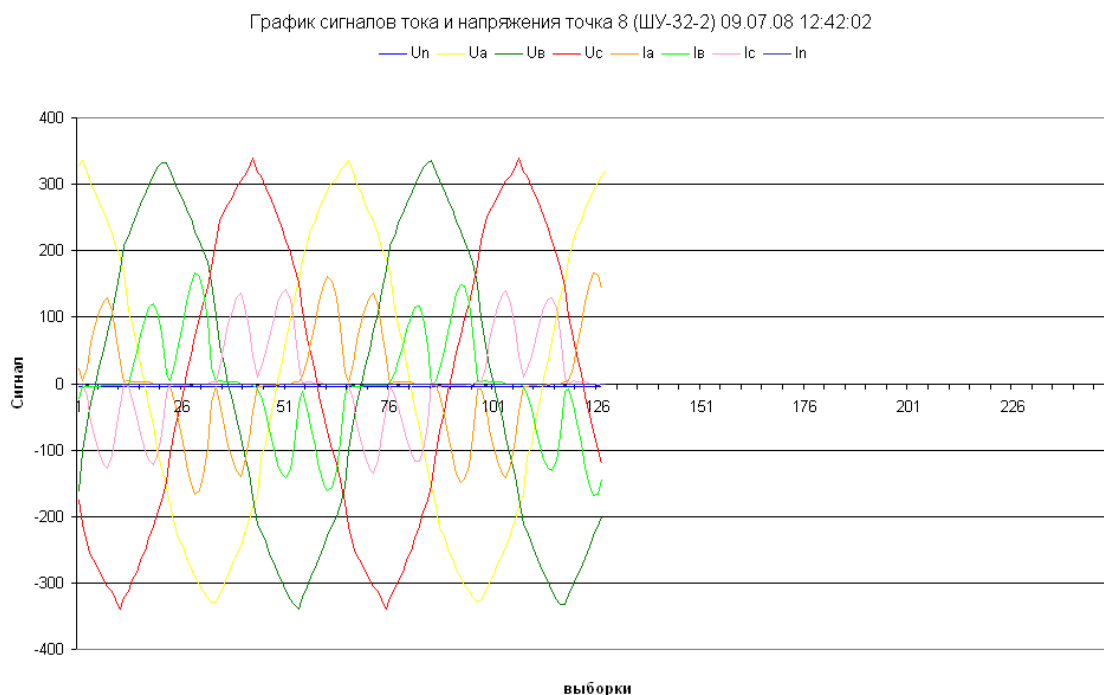


Рис.1 - Огибающие токов и напряжений в точке 8 (вентиляторы обдува)

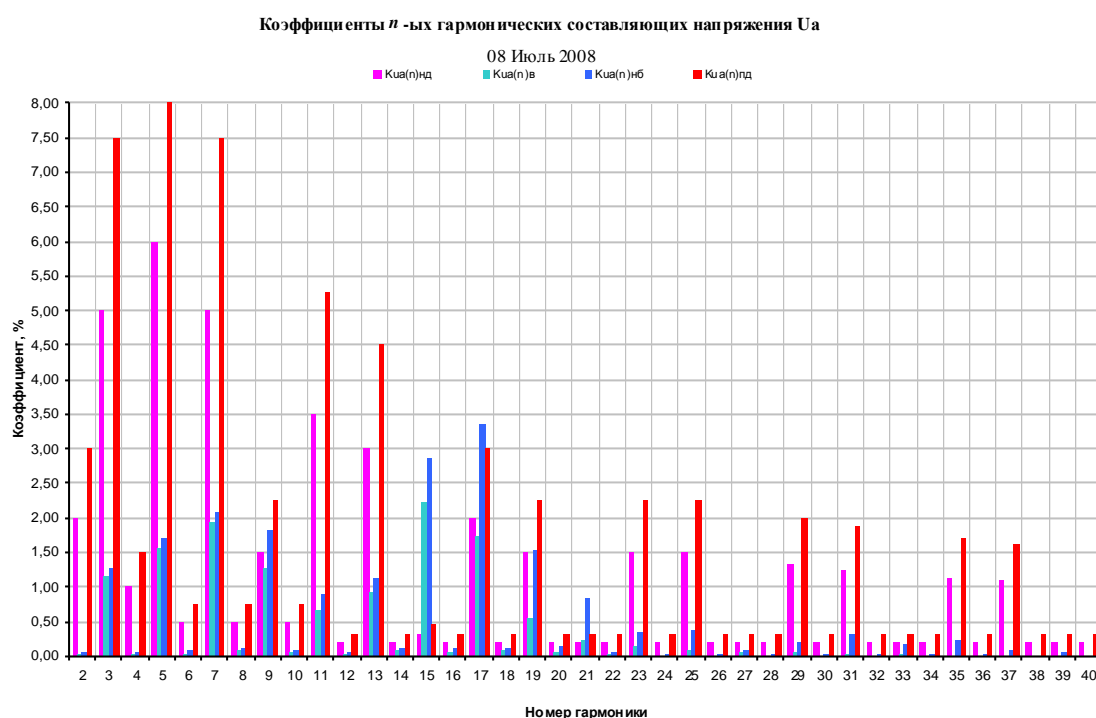


Рис.2 - Спектр высших гармоник напряжения в точке 5 фазы «А»

Мощная нелинейная нагрузка в точках контроля №2 (коэффициент не-синусоидальности кривой тока  $KI = 37\%$ ), №5 (резкопеременный, до  $200\%$ ), №6 ( $77\%$ ) №7 ( $70\%$ ), №8 ( $67\%$ ), №9 ( $65\%$ ), №14 ( $128\%$ ) создаёт недопустимый уровень высших гармоник в сети  $0,4$  кВ, которые отрицательно влияют как на сетевое оборудование, так и на работу электроприёмников.

Таким образом, к наиболее существенным выявленным факторам ухуд-



шения КЭЭ относятся несимметрия и несинусоидальность.

В части соответствия КЭЭ нормам [1] на ГБП установлено, что:

- 1) на всех вводах напряжение выше нормы, однако это не является нарушением КЭЭ;
- 2) по частоте, коэффициенту искажения синусоидальности формы кривой напряжения и несимметрии нарушений не зафиксировано;
- 3) на вводах зафиксированы нарушения по высшим гармоникам напряжения (ввод 1 – 15 (во всех фазах) гармоническая составляющая, ввод 2 – 6-я ( $U_{AB}$ ) гармоническая составляющая, ввод 4 – 9-я ( $U_{CA}$ ) и 15-я ( $U_{BC}$ ) гармонические составляющие).

Определение ответственности по несимметрии напряжения ввиду отсутствия нарушений по несимметрии не является необходимым, однако соответствующие расчёты были выполнены с целью практической апробации теории. На основе симметричных составляющих напряжений и токов и фазовых сдвигов между ними были вычислены и проанализированы симметричные составляющие мощности  $P_0^k = U_0^k \cdot I_0^k \cdot \cos \varphi_0^k$  и  $P_2^k = U_2^k \cdot I_2^k \cdot \cos \varphi_2^k$ . В различных интервалах усреднения источники нулевой последовательности находились по обе стороны ГБП, источник обратной последовательности находился на стороне ХОЭ.

Определение ответственности по несинусоидальности напряжения выполнялось на основе следующих исходных данных, измеренных прибором:

- матрица действующих значений напряжения ( $j$ -индекс фазы,  $k$  – индекс интервала усреднения длительностью 1 мин);
- матрица действующих значений тока  $I_j^k$  ( $j$ -индекс фазы,  $k$  – индекс интервала усреднения длительностью 1 мин);
- матрица коэффициентов  $n$ -й гармонической составляющей напряжения  $K_{Uj(n)}^k$ ;
- матрица коэффициентов  $n$ -й гармонической составляющей тока  $K_{Ij(n)}^k$ ;
- матрица фазовых сдвигов  $\varphi_{Uj(n)}^k$  между гармониками тока  $I_{j(n)}$  и гармониками напряжения  $U_{j(n)}$

Поскольку по показателю  $K_U$  нарушений не зафиксировано, данный показатель в определении ответственности не участвует.

Для определения источника высших гармоник были рассчитаны гармонические составляющие мощности [2]:

$$P_{j(n)}^k = K_{Uj(n)}^k \cdot U_j^k \cdot K_{Ij(n)}^k \cdot I_j^k \cdot \cos \varphi_{Uj(n)}^k \quad (1)$$

Определение источника высших гармоник дало следующие результаты:

по вводу 1 – источники 15 гармоники расположены со стороны МСЗ относительно границы балансовой принадлежности;

- по вводу 2 – источник 6 гармоники расположен со стороны МСЗ относительно границы балансовой принадлежности;

- по вводу 4 – источник 9 гармоники расположен со стороны поставщика относительно границы балансовой принадлежности, источники 15 гармоники расположены по обе стороны границы балансовой принадлежности.

Количественной мерой ответственности по отдельным гармоникам для случая, когда источники гармоник расположены по обе стороны ГБП предлагается считать долю принятой энергии гармоник по отношению к общей энергии гармоник:

$$K_{Pj(n)} = \frac{\sum_k P_{j(n)}^{k+}}{\sum_k P_{j(n)}^{k+} + \sum_k P_{j(n)}^{k-}}, \quad (2)$$

где индексы «+» означает совпадение знака гармоник мощности на интервале со знаком первой гармоники мощности и «-» означает противоположный знак.

Для всех случаев нарушения предельных значений высших гармоник напряжения  $K_{Pj(n)}=100\%$ , за исключением 4 ввода, где  $K_{PC(15)} = 93 \%$ . Данный коэффициент позволяет количественно оценить степень ответственности в тех случаях, когда невозможно применение алгоритмов [2]. Аналогичным образом возможно оценить степень ответственности по несимметрии и другим ПКЭ.

#### **Выводы:**

Прибор «Ресурс UF2M» позволяет измерять все параметры, необходимые для определения ответственности за нарушение КЭЭ по несимметрии и несинусоидальности напряжения. При этом требуется обработка данных измерений по алгоритмам, указанным в [2], наиболее удобно оказалось использовать электронные таблицы MS EXCEL и среду программирования MS Visual Basic for Applications.

На подопытном предприятии применение алгоритмов [2] позволило определить расположение источников высших гармоник.

Предложен способ количественной оценки степени ответственности за нарушение в случаях, когда источники нарушений находятся по обе стороны ГБП.

В соответствии с п.3.6 «Організаційних та технічних заходів НЕК «Укренерго», затверджених Міністром палива та енергетики України, спрямовані на створення умов для інтеграції ОЕС України до об'єднання енергосистем європейських країн УСТЕ» на ПС-330 кВ НЭК «Укрэнерго» будет внедрена система контроля качества электроэнергии. Материалы данной статьи целесообразно использовать при внедрении этой системы, что поможет определить подходящие средства измерительной техники, а также позволит детерминированно определить степень ответственности поставщика (в данном случае – НЭК «Укрэнерго») и потребителей электроэнергии за нарушение допустимых значений ПКЭ.

#### **Литература**

1. ГОСТ 13109-97 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».
2. А.Г. Баталов, О.Г. Гриб, Г.А. Сендерович и др. Качество электрической энергии в системах электроснабжения/ Уч. пособие, Харьков, ХНАГХ, 2006. - 272 с.
3. Жежеленко И.В., Саенко Ю.Л. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях. - М.: Энергоатомиздат, 2005. - 261 с.
4. Суднова В.В. Качество электрической энергии. <http://www.test-electro.ru/publ.php>.

5. Д.Чэпмэн. Цена низкого качества электроэнергии. Энергосбережение. - 2004. - №1. - 112 с.
6. Бородин Д.В. Экспериментальные результаты исследования несинусоидальности напряжения на объектах водопроводно-канализационного хозяйства. Матеріали II Всеукраїнської науково-практ. конф. „Проблеми та перспективи енерго-, збереження житлово-комунального господарства”, Алушта, АР Крим. - 2006. - с. 94.
7. О.Г. Гриб, А.В. Сапрыка, Д.В. Бородин. Анализ качества электрической энергии в сетях общего пользования 0,4 кВ. - Світлотехніка та електроенергетика. - №1. - 2007. - с. 53.
8. О.Г. Гриб и др. Качество электрической энергии в системах электроснабжения. - Харьков: ХНАГХ, 2006. - 272 с.

## **МЕТОДИКА И АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ СИСТЕМ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПО ТОКОВЫМ ЦЕПЯМ**

Д.Н. Калюжный, к.т.н.

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

Ошибка в схеме включения, преднамеренное или непреднамеренное изменение схемы включения систем учета электрической энергии в большинстве случаев может приводить к некорректному учету в широком диапазоне. На сегодняшний день определение схем включения и устранение ошибок включения систем учета электроэнергии проводится на основе анализа векторных диаграмм. При этом, несмотря на значительные качественные изменения, произошедшие на уровне элементной базы, даже современные устройства не в полной мере защищены от данного вида ошибок [1, 2]. Учитывая постоянное увеличение стоимости электроэнергии и значительное количество выявляемых ошибок включения, задача по выявлению неправильных схем включения систем учета электроэнергии является актуальной.

Определение схемы включения систем учета электроэнергии заключается в идентификации схем включения по токовым цепям, цепям напряжения и по правильному их совместному включению. Рассмотрим методику определения схемы включения по токовым цепям, которая основывается на анализе модулей и фаз токов, измеряемых системами учета электроэнергии, с учетом несимметрии параметров режима работы [3, 4].

В качестве критериев определения схем включения с отсутствием или обрывом токового измерительного канала выступает модуль измеряемого тока [4]. При этом логическое выражение для данного вида ошибок относительно метода трех ваттметров будет иметь следующий вид

$$(I_A < \varepsilon_I) \vee (I_B < \varepsilon_I) \vee (I_C < \varepsilon_I) = true . \quad (1)$$

Для метода двух ваттметров - такой вид:

$$(I_I < \varepsilon_I) \vee (I_{II} < \varepsilon_I) = true , \quad (2)$$

где  $I_A, I_B, I_C$  - модули токов, измеряемые трехэлементной системой учета электроэнергии;  $I_I, I_{II}$  - токи, измеряемые двухэлементным счетчиком электроэнергии;  $\varepsilon_I$  - минимально возможное значение тока, определяемое минимальной нагрузкой и минимальным значением тока в токовой катушке системы учета при отсутствии или обрыве токового канала.

Для непосредственной идентификации схемы включения следует использовать фазы токов [4], которые должны находиться в определенных диапазонах, указанных в табл. 1 и табл. 2, соответственно для методов трех и двух ваттметров. При этом для однозначного определения схемы включения должно выполняться следующее условие [4]:

$$K_{2I}^* + K_{0I}^* < \sin \left[ 30 - \arcsin \left( K_{2I}^* + K_{0I}^* \right) \right], \quad (3)$$

где  $K_{2I}^*$  и  $K_{0I}^*$  - коэффициентами несимметрии токов по обратной и нулевой последовательностям, аналогичные коэффициентам несимметрии по напряжениям [5] в относительных единицах.

Таким образом, возможно разработать алгоритм определения схемы включения систем учета электроэнергии по токовым цепям, укрупненная блок-схема которого представлена на рис. 1. Структура данного алгоритма справедлива как для метода трех, так и двух ваттметров.

В качестве исходных данных рассматриваемого алгоритма выступают токи, измеряемые системой учета электроэнергии, минимально возможное значение тока и максимально возможные токовые коэффициенты несимметрии, характеризующие несимметрию в месте установки системы учета.

В блоке «Корректировка диапазонов фаз токов» - корректируются диапазоны нахождения фаз токов в зависимости от максимально возможной несимметрии по току в месте установки системы учета электроэнергии. Блок «Определение базового вектора» предназначен для привязки фаз векторов токов к одному из векторов, направленному по вещественной оси. В качестве базового вектора предлагается использовать вектор тока первого элемента ( $I_A$  или  $I_I$ ). В случае отсутствия вектора тока первого элемента в качестве базового вектора следует использовать вектор тока второго элемента ( $I_B$  или  $I_{II}$ ). Блок «Определения схемы включения» непосредственно выполняет функцию определения схемы включения по модулям и фазам токов измеренных системой учета электроэнергии. В случае положительного решения выводится информация о схеме включения. В противном случае, если схема не определена, следует провести более тщательный анализ с привлечением квалифицированного персонала и возможно дополнительных средств измерения.

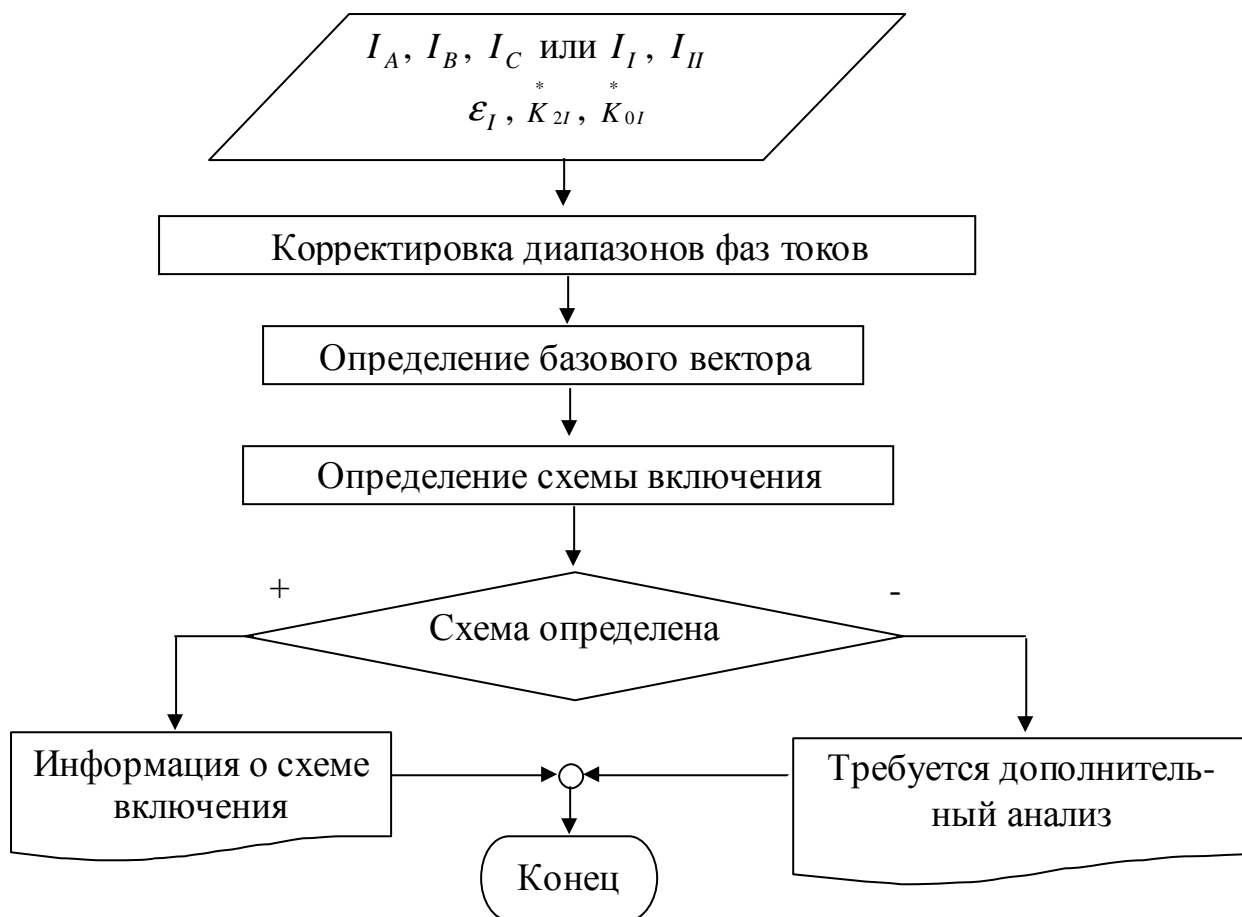


Рис. 1. Блок-схема определения схемы включения систем учета электроэнергии по токовым цепям

Возможность определения схемы включения системы учета электроэнергии по токовым цепям позволяет в случае положительного решения определить токи относительно правильной схемы включения ( $I_i^p$ ), без каких либо физических переключений токовых цепей, т.е. произвести математическую корректировку измеряемых токов. В случае наличия всех токов данная корректировка будет точной. В противном случае, при отсутствии одного вектора тока, его можно найти по двум другим векторам в предположении симметрии параметров режима. Исходя из этого, математическая корректировка при отсутствии одного из векторов токов будет приближенной, что может являться более точной и приемлемой информацией по сравнению с исходной.

### Литература

1. Труб И.И. Обслуживание индукционных счетчиков и цепей учета в электроустановках. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
2. Схемы включения счетчиков электрической энергии: практическое пособие / Под ред. Я.Т. Загорского. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006.
3. Калюжный Д.Н. Анализ схем подключения счетчиков электрической энергии // Світлотехніка та електроенергетика. – 2007. – № 3-4. – С. 58-63.
4. Калюжный Д.Н. Определение схемы включения двух- и трехэлементного счетчика электроэнергии по токовым цепям в условиях несимметрии // Энергосбереже-

ние: Энергетика Энергоаудит. – 2008. – №4(50). – С. 32-36.

5. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Требования к качеству электрической энергии в электрических сетях общего назначения. Киев: Госстандарт Украины, 1999.

## **ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ДИЗЕЛЬНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ В СКЛАДІ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

А.В. Хитров, к.т.н., доц.

*Харківська національна академія міського господарства*

В.П. Морозов, к.т.н., доц.

*Харківський університет повітряних сил*

Як правило, дизельні електростанції (ДЕС) працює в двох основних режимах експлуатації: тривалий; резервний (у разі перебоїв в мережі).

Відповідно до режиму роботи електростанції обирається спосіб управління - ручний або автоматичний.

Для тривалого режиму експлуатації переважно ручний режим управління. При цьому слід контролювати наступні параметри:

- тиск масла двигуна;
- число оборотів генератора;
- рівень і температура охолоджуючої рідини;
- напруга в мережі.

Для автоматичного резервного режиму роботи потрібна складніша схема управління і більший набір елементів автоматики.

Залежно від потужності і призначення електростанції застосовуються наступні види запусків:

- ручною – шнуром;
- електростартер – від акумулятора, поворотом ключа, є дубль ручним стартом в малопотужних бензинових і дизельних повітряноохолоджуваних;
- автоматично – при пропажі напруги в основній мережі електростанція заводиться самостійно, а при його появи – сама без участі оператора зупиняється.

Ручний режим пуску використовується на мобільних електрогенераторних установках, не пов'язаних з основною мережею, для установок, які використовуються для живлення навантажень при аваріях (живлення пожежних насосів, насосів, що відкачують, при повеннях, зварювальні і допоміжні агрегати при ремонті трубопроводів), різних виїзних заходах (концерти, виставки і т.п.).

Для автоматичного резервного режиму роботи використовується складніша схема управління і більший набір елементів автоматики. Коли в мережі є напруга, електростанція не працює, знаходиться в черговому режимі. При зниженні напруги автоматикою подається сигнал, що впливає на запуск двигуна, і через 3-10 секунд він досягає номінального числа оборотів. Якщо двигун не запускається, то управляючий сигнал на запуск повторюється (до 3-5 6 разів). Че-

рез 10-30 секунд, після досягнення генератором заданої напруги і частоти, навантаження автоматично перемикається на електрогенератор.

Коли напруга в мережі відновлюється, відбувається автоматичне перемикавання навантаження з електрогенератора на мережу із затримкою, необхідною автоматиці для визначення стабільності напруги, що з'явилася, і частоти. Після відновлення напруги в мережі агрегат декілька хвилин продовжує роботу на холостому ході для охолодження двигуна і генератора, а потім зупиняється. Після зупинки він відразу готовий до запуску. При такій конфігурації акумулятор станції автоматично зарядив від мережі, при негативних температурах відбувається включення електронагрівача охолоджуючої рідини двигуна, що дозволяє відразу після запуску знімати з генератора повне навантаження і зводить до мінімуму відмови при пуску станції при зникненні основної мережі. Різні додаткові опції полегшують експлуатацію станції (запис параметрів в пам'ять і передача їх на відстань або по провідній /телефонній/ лінії, або передача аварійних повідомлень на пейджер або стільниковий телефон), можливість дистанційного пуску і т.п.

У режимі постійної роботи рекомендоване виробником навантаження не повинне перевищувати 60- 80 % потужності ДЕС з міркувань досягнення максимального терміну служби. А при використанні ДЕС в режимі резерву потужність навантаження повинна лежати в межах 70 - 90% від потужності станції.

Це означає, що потужність вибраної ДЕС для постійної роботи повинна перевищувати потужність навантаження в 1,25 - 1,67 разу (в середньому – в 1,43 разу), а резервною ДЕС – в 1,11 .1,43 разу ( в середньому в 1,25 разу).

Отже, розрахункове значення потужності ( $P_{\max}$ . роз. або  $S_{\max}$ . роз.) збільшується у вказане вище число разів і, виходячи з одержаних величин, по таблиці остаточно вибирається ДЕС, потужність якої лежить в обчисленому допустимому діапазоні потужностей.

Дизельні електростанції працюючи в системі ДЕС-ДБЖ, також функціонують в різних режимах, які розглянуті нижче.

Джерелами безперебійного живлення (ДБЖ) називають пристрої, що забезпечують безрозривне електроживлення споживачів електроенергії при зникненні або неприпустимому зниженні напруги на вході ДБЖ (на фідері). ДБЖ складається, в основному, з випрямлячів, акумуляторної батареї і інвертора, включених послідовно. Час, протягом якого забезпечується живлення споживачів, залежить від величини навантаження і місткості акумуляторної батареї і зазвичай лежить в межах 5-30 хв. При необхідності збільшення часу автономної роботи і порівняно невеликої потужності навантаження, збільшують місткість акумуляторної батареї, а при великій - встановлюють ДЕС. Після запуску ДЕС остання підключається до вводу ДБЖ, забезпечуючи живлення навантаження і компенсуючи енергію, витрачену акумуляторною батареєю.

Знаходження оптимальної потужності ДЕС може бути знайдено при правильному визначенні:

- потужності, яку повинна вироблятися ДЕС для забезпечення потреб споживачів;
- потужності, ДЕС, що витрачається на компенсацію енергії, витраченою

аккумуляторною батареєю ДБЖ на живлення навантаження протягом часу пуску і виходу на робочий режим ДЕС, а також способу цієї компенсації;

- потужності, що витрачається на зарядку вхідних ланцюгів (фільтрів) ДБЖ при підключенні ДЕС.

Сучасні ДБЖ обладнані пристроями програмного підключення до ДЕС різного типу - з плавним або ступінчастим введенням в роботу. Незалежно від типу, вони забезпечують нормоване підключення навантаження до ДЕС. Найбільш здійснені, виконані з плавним введенням в роботу, дозволяють шляхом нескладного перерегулювання, яке може бути виконано безпосередньо на місці монтажу (експлуатації), встановлювати оптимальні для даної установки потужності, що переводяться в одиницю часу з аккумуляторної батареї ДБЖ на ДЕС.

Експериментальна перевірка підтвердила, що переведення здійснюється плавно, практично без зміни частоти обертання валу приводного дизеля і, відповідно, частоти струму, що свідчить про відсутність перевантаження дизеля.

Спостережуване у момент підключення ДБЖ зниження напруги викликається недостатніми можливостями використаних збудників, які для умов роботи в системі «ДЕС- ДБЖ» повинні мати велику межу форсування збудження. На жаль, переробка тих збудників, що існують або розробка нових вимагає значних витрат і часу. У цих умовах доцільною представляється заміна в ДЕС штатних генераторів на генератори підвищеної потужності, при незмінній потужності дизелів. В результаті такої заміни при незмінному (за абсолютною величиною) нахилі навантаження, завантаження генератора (у відсотках від його потужності) буде меншим, збудник матиме запас по величині форсування збудження, а «провал» напруги буде меншим.

Приватним завданням є визначення необхідної потужності ДЕС при підключенні до неї декілька ДБЖ різної потужності. Оптимальним є варіант їх по чергового програмного підключення, починаючи з ДБЖ максимальної потужності, до ДЕС («квазіплавний старт») з інтервалом між підключеннями в 5 -15 с.

При цьому:

- першим до працюючої на холостому ході ДЕС, повинен підключатися ДБЖ найбільшої потужності;
- решта ДБЖ повинна підключатися у порядку убутання їх потужності.

Такий порядок підключення дозволяє понизити настановну потужність ДЕС на 7 - 12% (залежно від кількості і потужності ДБЖ).

Розглянемо випадок, коли при перерві живлення в мережі до ДБЖ підключається ДЕС, що складається з двох або більше за дизель-генератори (ДГ). Таке рішення, при черговому ускладненні системи управління, має ряд істотних переваг. До їх числа відносяться:

- можливість при зміні навантаження підключати до ДБЖ різну кількість працюючих дизель-генераторів, що покращує економічні показники ДЕС;
- розширення робочого діапазону потужностей, що може бути використаним протягом тривалого часу, (від 25- 40%) номінально меншого дизель-генератора до 100 - 110% сумарної потужності всіх встановлених агрегатів;
- скорочення часу роботи ДГ на малих навантаженнях, у ряді випадків виключає необхідність в періодичних «прожигів» дизелів.



Реалізація такої схеми вимагає рішення наступних задач:

- вибору параметра, що визначає необхідність запуску (зупинки) чергового ДГ;
- визначення максимального і мінімального навантажень, при яких необхідні запуск і включення під навантаження чергового («подальшого») ДГ і його зупинка;
- визначення оптимального (за кількістю і потужністю) складу дизель-генераторів.

На відміну від випадків, розглянутих вище, використання напруги (точніше її зникнення або зниження) як параметр, що визначає команду на пуск другого і подальших дизель-генераторів, в даній схемі неможливо. Підключення до навантаження всіх, окрім першого ДГ, повинно проводитися до зниження (зникнення) напруги.

Найбільш вдалим і таким, що порівняно легко реалізовується представляється безпосередній вимір навантаження (потужності) дизель-генератора. При досягненні навантаженням працюючого ДГ значення 75-80% номінальної, подається команда на запуск чергового агрегату. При зниженні навантаження до 25-30% від суми номінальних потужностей два ДГ - на зупинку одного з них.

Природно, що приведені значення потужностей, при яких повинні запускатися (зупинятися) дизель-генератори, не є абсолютними і повинні уточнюватися стосовно конкретної установки. Показником необхідності уточнення є вільна (невживана) потужність працюючого ДГ, яка повинна бути рівною або перевищувати передбачувану пускову потужність споживача.

Найбільш здійсненими є ДБЖ, обладнані пристроями програмного підключення навантаження («плавний старт»). Їх застосування дозволяє істотно зменшити настановну потужність дизель-генератора, що виправдовує (технічно і економічно) деяке ускладнення і дорожчання ДБЖ. Слід також враховувати кращу якість перехідного процесу при зміні навантаження.

При виборі дизеля, призначеного для роботи у складі системи «ДЕС-ДБЖ», слід звертати увагу на очікуваний в експлуатації характер зміни навантаження. При великій вірогідності різких («миттєвих») накидів перевагу слід віддавати дизелям з помірним наддувом, не дивлячись на всі переваги дизелів з високим наддувом.

Застосування електронних регуляторів частоти обертання, особливо на двигунах з нагнітачами, що мають механічний привід, дозволяє підвищити якість перехідного процесу при накиді навантаження і є доцільним.

Розвиток і застосування дизельних електростанцій невід'ємні від загальних завдань електропостачання об'єктів і пов'язані з необхідністю рішення ряду проблем уніфікації: формування уніфікованих структур і характеристик ДЕС, підвищення енергетичної і електромагнітної сумісності ДЕС із споживачами електроенергії технічних засобів, розробка ТЗ на установки гарантованого живлення і джерела безперебійного живлення споживачів комп'ютерних і телекомунікаційних систем.

## **ВИСОКОЧАСТОТНЕ ЖИВЛЕННЯ СВІТЛОДІОДІВ ЗМІННОГО СТРУМУ**

В.Ф. Рой, д.ф.-м.н., проф., Ю.В. Рой

*Харківська національна академія міського господарства*

Підвищення енергоекономічності освітлювальних установок (ОУ), які споживають до 20% всієї виробленої електроенергії (ЕЕ), є нагальною вимогою сьогодення, оскільки відповідає сучасним вимогам до всебічного енергозбереження. Це відповідає і вимогам директиви 2002/91 ЄС, прийнятою Євropa-парламентом щодо мінімально допустимих критеріїв енергоекономічності ОУ. Одним з перспективних напрямків вирішення цієї проблеми є, безумовно, застосування енергоощадних джерел світла, якими є на даний час, компактні люмінесцентні лампи (КЛЛ) інтегровані з високочастотним блоком живлення частотою  $\sim 40$  кГц. Це дало змогу мінімізувати схему блоку живлення і розмістити його в стандартному цоколі Е40, що дозволяє легко адаптувати КЛЛ до вже існуючих світлових приладів.

Існуючі проблеми масового використання таких джерел випромінювання, які стосуються їх функціональних, технологічних та екологічних характеристик, призводять до необхідності пошуку більш досконалих джерел світла (ДС), якими на даний час можна вважати нові твердотільні ДС на основі явища інжекторної електролюмінесценції – потужні світлодіоди. Впровадження світлодіодів дасть змогу здійснити якісний стрибок у сфері енергозбереження, оскільки вони мають ряд суттєвих переваг перед КЛЛ як в енергоекономічності, світловіддачі, екологічності та строку служби. Поява на ринку ДС потужних світлодіодів змінного струму, які живляться напругою 220 В дає змогу активно впроваджувати їх в усіх типах ОУ – зовнішнього та внутрішнього освітлення [1]. Недоліком таких світлодіодів є пороговий характер включення їх при достатньо високій ( $\sim 150$  В) напрузі живлення завдяки особливостям вольт-амперної характеристики, що складає лише 60% від напівперіоду змінної напруги і свідчить про недостатню ефективність використання ним електричної енергії. При цьому відбуваються значні (до 40%) паузи в роботі світло діоду і, як наслідок, значні пульсації світлового потоку, а також великі пульсації робочого струму живлячої мережі. Це пов'язано з тим, що такі світлодіоди складаються з великої кількості окремих світловипромінюючих елементів з'єднаних послідовно, тому напруга активації їх визначається сумарним перехідним опором цих елементів.

Для підвищення ефективності використання електричної енергії такими ДС можливо використання в якості живлячої напруги меандру підвищеної частоти  $\sim 40$  кГц. Така напруга широко використовується при живленні люмінесцентних ламп, в тому числі КЛЛ, і дає змогу мінімізувати схему блоку живлення та покращити експлуатаційні характеристики ДС: збільшити світловіддачу, зменшити пульсації світлового потоку, подовжити строк служби. Маючи апробовані схеми блоків живлення таких ламп, нескладно адаптувати їх до сучасних потужних світлодіодів змінного струму, що дає змогу майже на 40% збільшити ефективність використання електроенергії і, відповідно, його світловіддачу. В якості джерела жи-

влення світлодіоду можуть використовуватись модернізовані мініатюрні електронні блоки від КЛЛ, в яких відключено систему запалення лампи та струмостабілізуючий дросель перероблено в трансформатор [2]. Оскільки вартість такого блоку живлення не перевищує 2% від вартості одного потужного світло діоду і, окрім того, він спроможний жити декілька світлодіодів, то економічна доцільність такого живлення, враховуючі досягнутий ефект – очевидна.

### Література

1. Вон Кук Сон. О светодиодных модулях «ACRICHE»//Светотехника.-2007.-№6.-С.54-56.
2. Поліщук В.М., Рой В.Ф. Дослідження параметрів світлодіодів змінного струму. //Восточно-европейский журнал передових технологий.-2009.-№2(38), С.8-10.

### **БЕЗПЕКА ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ З СУХИМИ ТРАНСФОРМАТОРАМИ**

Серіков Я.О., д.т.н., проф., Гузенко В.В.

*Харківська національна академія міського господарства*

У сучасному міському господарстві пріоритетним напрямком є розвиток енергетичного комплексу. Серед різноманітного електротехнічного обладнання, що використовується для передачі та розподілу енергії, одну з ключових ролей грають силові трансформатори. Важливим моментом в комплексі заходів, спрямованих на вдосконалення умов праці є заходи з охорони праці. Цим питанням з кожним роком приділяється все більше уваги, тому що турбота про здоров'я людини стала не тільки справою державної ваги, але й елементом конкуренції роботодавців у питанні залучення кадрів.

Саме, швидкий розвиток науково-технічного прогресу і підвищення норми безпеки при експлуатації високовольного обладнання, все це спонукало до розробки введення в експлуатацію сухих трансформаторів.

Сухий трансформатор – це трансформатор, в якому основним ізолюючим і охолоджуючим середовищем є атмосферне повітря. Розрізняють сухі трансформатори: загального призначення напругою 6-10/0, 4 кВ, з литою ізоляцією 6кВ і 10 кВ, для власних потреб електростанцій, для атомних електростанцій 6кВ і 10 кВ, для напівпровідникових перетворювачів 6 і 10 кВ, для заглибних електронасосів.

Кліматичне виконання і категорія розміщення визначає розміщення сухих трансформаторів у районах з помірним кліматом і перепадом температур від -45 ° С до +45 ° С.

Сухі трансформатори призначені для перетворення електричної енергії в електромережах трифазного змінного струму частотою 50 Гц. Встановлюються в промислових приміщеннях і громадських будівлях різних областей промисловості, сільського господарства, міського комунального господарства

тощо, до яких висувають підвищені вимоги в частині пожежної безпеки, вибухозахищеності, екологічної чистоти.

Сухі трансформатори, схильні до різної хімічної та фізичної агресії, яка залежить від якості навколишнього середовища. Потенційними небезпеками є наступні:

- вологість;
- фізичні і хімічні забруднення;
- вітер.

Для сухих трансформаторів, які експлуатуються у межах міста з промисловими об'єктами або інтенсивним рухом транспорту, а також в незахищених від пилу зонах (за винятком близькорозташованих до джерел пилу) слід дотримуватися наступних обмежень:

- відносна вологість повітря, не більше 90%;
- концентрація  $SO_2$ , не більше 0,1 мг/м<sup>3</sup>;
- концентрація  $NO_x$ , не більше 0,1 мг/м<sup>3</sup>;
- концентрація пилу і піску, не більше 0,2 мг/м<sup>3</sup>;
- концентрація морської солі, не більше 0,3 г/м<sup>3</sup>;

Врахування даних обмежень зберігає розрахунковий термін служби дорогих трансформаторів, який становить десятки років.

В умовах експлуатації електричних мереж до трансформатора, як до основного елементу підстанції, висуваються жорсткі вимоги. Причому, як до його основним технічним характеристик, так і до екологічності застосовуваного устаткування. Завдяки високому рівню безпеки, у порівнянні з маслонаповненими обладнаннями, сухі трансформатори здобувають все більшу популярність і широке застосування у світі як системи розподілу енергії. Цей зростаючий попит на безпечне, у тому числі і екологічно безпечне електрообладнання, одночасно з високим енергетичним ККД, можуть реалізувати тільки сухі трансформатори, виготовлені за допомогою технології, яка за останні десятиліття довела свою надійність.

Основні переваги сухих трансформаторів з литої ізоляцією такі: екологічна безпека, безпека при експлуатації, невеликі габаритні розміри, стійкість до впливу вогкості і вологи, можливість працювати в мережах, що піддаються грозовим і комутаційним перенапруженням; низький рівень шуму; висока стійкість до струмів короткого замикання, простота технічного обслуговування.

Сучасні сухі трансформатори надійні і прості в експлуатації, вони не передбачають додаткових витрат на обслуговування. Сухі трансформатори можуть бути встановлені там, де є підвищені вимоги до екології та охорони навколишнього середовища. На додаток сухі трансформатори дозволяють значно економити кошти.

Важливими діями в забезпеченні охорони праці при роботі з сухими трансформаторами є випробування ізоляції. Вона включає: приймально-здавальні випробування (випробування обмоток на стійкість до впливу імпульсних перенапруг). Заземлення корпусів трансформаторів має бути виконане згідно з ПУЕ. Заземлення і захисні відключення - все це як системний вид захисту забезпечує безпеку при дотику до неструмоведучих частин, що випад-

ково опинилися під напругою. При експлуатації діючих електроустановок, в тому числі й сухих трансформаторів, важливу роль у забезпеченні безпеки електротехнічного персоналу грають електротехнічні засоби захисту та запобіжні пристосування це: ізолюючі штанги, діелектричні перчатки, боти, слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими рукоятками, переносні заземлення, тимчасове огороження, плакати, захисні очки та інші.

Ремонтні, монтажні, налагоджувальні, будівельні та інші роботи, що виконуються при монтажі сухих трансформаторів, інших електроустановок, щодо заходів безпеки діляться на три категорії: роботи зі зняттям напругення; роботи без зняття напруги; роботи під напругою.

Роботи зі зняттям напруги виконують при повному або частковому відключення електроустановки.

При роботах з частковим відключенням, працюючий не повинен наближатися до струмоведучих частин, що знаходяться под напругою, на відстані менше вказаних в табл.1; рис.1.

Таблиця 1 – Найменші допустимі відстані від людей і вживаних ними інструментів і пристосувань, а також від тимчасових огорожень до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою вище 1000 В

Напруга електроустановки, кВ	До 10	10-35	60-110	150	220	330	400-500	750
Найменша допустима відстань	0,6	0,6	1	1,5	2	2,5	3,5	5,0

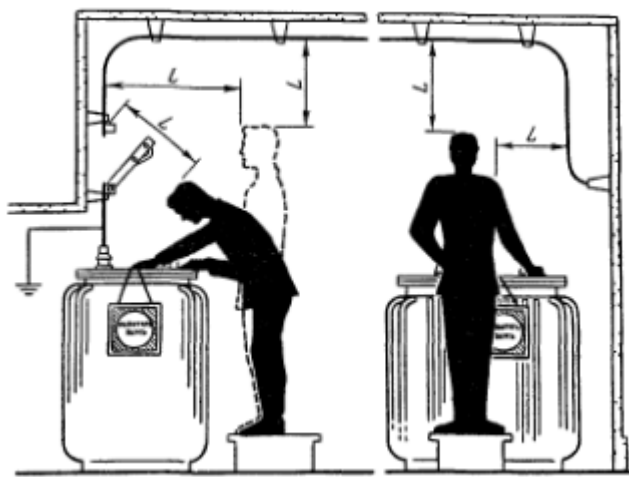


Рис. 1. – Найменші допустимі відстані від людини, яка виконує роботи в діючих електроустановках, до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою вище 1000 В (див. табл. 1)

Забороняється працювати в зігнутому положенні, якщо при випрямленні працюючого відстань до струмоведучих частин буде менше указанної в табл.1. В електроустановках електростанцій і підстанцій 6 - 110 кВ при роботі поблизу неогорожених струмоведучих частин забороняється розташовуватися так, щоб

ці частини знаходилися по заді або з двох бічних сторін.

Роботи без зняття напруги виконують без відключення електроустановки. При цьому працювати дозволяється за постійними і тимчасовими огороженнями струмоведучих частин, на корпусах обладнання, на поверхні оболонок кабелів, а також на відстанях від неогороджених струмоведучих частин, які знаходяться під напругою більше зазначених у табл. 1.

Роботи під напругою виконують безпосередньо на струмоведучих частинах, що знаходяться під робочою напругою, з застосуванням електрозахисних засобів, а також на відстанях від струмоведучих частин менше вказаних в табл.1. Електрозахисні засоби, що застосовуються при цих роботах (ізолюючі штангі і кліщі, діелектричні перчатки і т. п.), використовують для ізоляції людини від струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, або від землі (діелектричні килими, боти і галоші, ізолюючі підставки, спеціальні ізолюючі пристрої й т.п.).

Аналіз науково-технічної літератури показує, що дотримання встановлених умов експлуатації електричного обладнання та дотримання регламентованих правил електробезпеки при роботі технічного персоналу значно знижує рівень реалізації небезпеки. При ремонтах та експлуатації трансформаторів слід керуватися діючими «Правилами безпеки при експлуатації електроустановок». Щоб виключити можливість дотику або небезпечного наближення до ізольованих струмоведучих частин, повинна бути забезпечена їх недоступність за допомогою огорожі, блокування або розташування струмопровідних частин на недоступній висоті або недоступному місці.

Щоб уникнути ураження електричним струмом під час огляду діючих електроустановок необхідно дотримуватися наступних запобіжних заходів: при огляді електроустановки напруги вище 1000 В однією особою не дозволяється проникати за огорожі і входити до камери розподільчого пристрою. При поразці робочого електричним струмом необхідно прийняти термінові заходи для швидкого звільнення його від дії струму та терміново надати першу допомогу.

Як показує практика, дотримання умов забезпечення надійних правил безпеки при виконуваних робіт має такі переваги: забезпечує здоров'я технічного персоналу, загальне визнання персоналом ПУЕ, зменшує кількості нещасних випадків та сприяє збільшенню виконання робочого плану. На ділянках, де виконуються монтажні роботи, на небезпечних для оточуючих місцях ставлять попереджувальні плакати, ставлять огорожу, назначають чергових. Всі робочі місця де виконуються роботи повинні бути в темний час достатньо освітлені.

До експлуатації та ремонту електричних машин допускаються електромонтери, які мають кваліфікаційну групу не нижче III і пройшли інструктаж на робочому місці. Відповідальність за безпеку при обслуговуванні та ремонті несе керівник електротехнічної служби господарства. При ремонтах та експлуатації трансформаторів слід керуватися діючими «Правилами безпечної експлуатації електроустановок». Щоб виключити можливість дотику або небезпечного наближення до ізольованих струмоведучих частин, повинна бути забезпечена недоступність за допомогою огорожі, блокування або розташування струмопровідних частин на недоступній висоті або недоступному місці.

Саме сукупність необхідних заходів технічного персоналу, спрямованих на забезпечення електробезпеки, пожежної безпеки, і захисного запобігання аварійних режимів є їх невід'ємною частиною обов'язків. Прийняття таких дій відповідно до ПУЕ забезпечить надійність, а найголовніше – безпеку персоналу при роботі з сухими трансформаторами.

## ***АНАЛІЗ ТРИФАЗНОГО КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ***

В.Г. Ягуп, д.т.н., проф.

*Харківська національна академія міського господарства*

К.В. Ягуп, к.т.н.

*Українська державна академія залізничного транспорту*

Аналіз режимів коротких замикань є одним з найбільш поширених завдань при дослідженні і проектуванні електроенергетичних систем є аналіз режимів коротких замикань Трифазне коротке замикання (ТФКЗ) в нерозгалуженому ланцюзі є базовим для вибору комутаційної і захисної апаратури, а також для оцінки параметрів інших видів коротких замикань. При розрахунках ТФКЗ зазвичай розглядають симетричну систему з індуктивно-активним навантаженням і активно-індуктивному характері опору лінії передачі. Такі допущення дозволяють розглядати ТФКЗ на прикладі однофазної еквівалентної схеми. Навіть при таких допущеннях аналітичне рішення приводить до досить громіздких виразів, які доводиться табулювати за допомогою комп'ютера. Для оцінки ударного струму пропонуються наближені математичні вирази, що передбачають знаходження максимального значення ударного струму для найбільш важкого режиму ТФКЗ.

В роботі проводиться пошук найбільшого значення ударного струму в електроенергетичній мережі в режимі короткого замикання із застосуванням сучасних інформаційних технологій, а саме у пакеті прикладних програм MATLAB і в середовищі електронних таблиць MS Excel.

Проводиться аналіз приведеної еквівалентної розрахункової схеми для аналізу ТФКЗ в разі повної симетрії, що представлена в однофазному варіанті. Ця схема містить джерело напруги, індуктивність та опір, що змінюють свої значення у момент виникнення аварійного режиму. Математично процеси, що протікають в такій схемі можна описати диференціальним рівнянням. В роботі складено сигнальний граф для диференціального рівняння, на основі якого реалізована модель у пакеті прикладних програм MATLAB. За допомогою функції локальної оптимізації `fminsearch()`, було проведено пошук моменту часу виникнення аварійного режиму, при якому ударний струм досягав максимального значення.

Для проведення такої оптимізації у електронних таблицях EXCEL, було визначено вирази для розрахунку початкового значення струму в нормальному режимі, яке було обчислено методом комплексних амплітуд.

При побудові миттєвих значень струму в електронних таблицях було застосовано для інтеграції метод Ейлера, при цьому похідна обчислювалася за правою частиною диференціального рівняння, представленого у формі задачі Коші.

Завдання визначення максимуму ударного струму може розглядатися як завдання чисельної параметричної оптимізації. У цьому завданні як критерій оптимізації на досягнення максимуму використовується величина ударного струму, що визначається за допомогою функції МАКСИМУМ( ), а параметром оптимізації є момент виникнення ТФКЗ. Ця оптимізаційна задача в такій постановці вирішена в електронних таблицях MS Excel за допомогою надбудови «Пошук рішення».

## ***ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА КП ОСК «МЕТАЛЛИСТ»***

О.Г. Гриб, д.т.н., проф., В.П. Михайлов, А.В. Харитонов

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

Р.В. Жданов

*АК «Харьковоблэнерго»*

В связи с проведением в г. Харькове чемпионата Европы по футболу 2012 г. на областном спортивном комплексе «Металлист» были проделаны работы по реконструкции системы внутреннего электроснабжения с целью повышения безаварийной работы стадиона и соответствия всем международным стандартам на время проведения спортивных состязаний.

Внешнее электроснабжение КП ОСК «Металлист» осуществляется от электросетей АК «Харьковоблэнерго». Проект реконструкции системы внутреннего электроснабжения КП ОСК «Металлист» разработан в соответствии с действующими нормами и правилами и предусматривает замену питающего напряжения с 6 на 10 кВ для чего необходимо:

- осуществить прокладку новых питающих высоковольтных кабельных линий (два основных ввода стадиона на напряжение 10 кВ от генерирующей энергосистемы);
- выполнить реконструкцию точек подключения – установить две высоковольтные ячейки на соответствующих подстанциях АК «Харьковоблэнерго»;
- произвести строительство новых трансформаторных подстанций (ТП) 10/0,4кВ (№ 1335А, № 1335Б.Ю-2, № 1087.А Ю-1) вместо двух действующих сейчас ТП 6/0,4кВ (№ 1335 и № 1087), установленных на территории стадиона;
- выполнить реконструкцию существующей подстанции ТП 6/0,4 кВ № 1335;
- произвести строительство нового РП/ТП 10/0,4 кВ «Металлист»;
- произвести ввод в эксплуатацию новых щитовых 0,4 кВ;
- организация нового кабельного хозяйства стадиона (прокладка новых ка-



бельных линий высокого и низкого напряжения между новыми подстанциями и щитовыми).

При проведении реконструкции системы электроснабжения КПОСК «Металлист» необходимо обеспечить качество электрической энергии, соответствующее требованиям ГОСТ 13109-97 [1]. Отклонение показателей качества электроэнергии (ПКЭ) от допустимых значений приводит к снижению срока службы электротехнического оборудования, снижению эффективности его работы, а в некоторых случаях к нарушению технологического процесса потребителей, что недопустимо для рассматриваемого объекта [2].

Для выполнения поставленной задачи на действующих ТП 6/0,4 кВ были проведены замеры напряжений на шинах 6 и 0,4 кВ и определены показатели качества электрической энергии с целью дальнейшего прогнозирования качества электрической энергии после реконструкции, а также разработки мероприятий по обеспечению требований [1].

Измерения производились прибором «АНТЭС АК-3Ф», прошедшим метрологическую аттестацию в Украине. Длительность непрерывных измерений составляла более суток. Результаты определения некоторых ПКЭ для одной из ТП показаны на рис. 1.

Анализ полученных результатов указывает на несоответствие ПКЭ в рассматриваемых точках сети требованиям ГОСТ 13109-97. Так, в частности, коэффициент 6-й гармонической составляющей напряжения фазы А превышает 1,86%, для фазы В – 1,57, для фазы С – 1,21% при нормативе 0,75%.

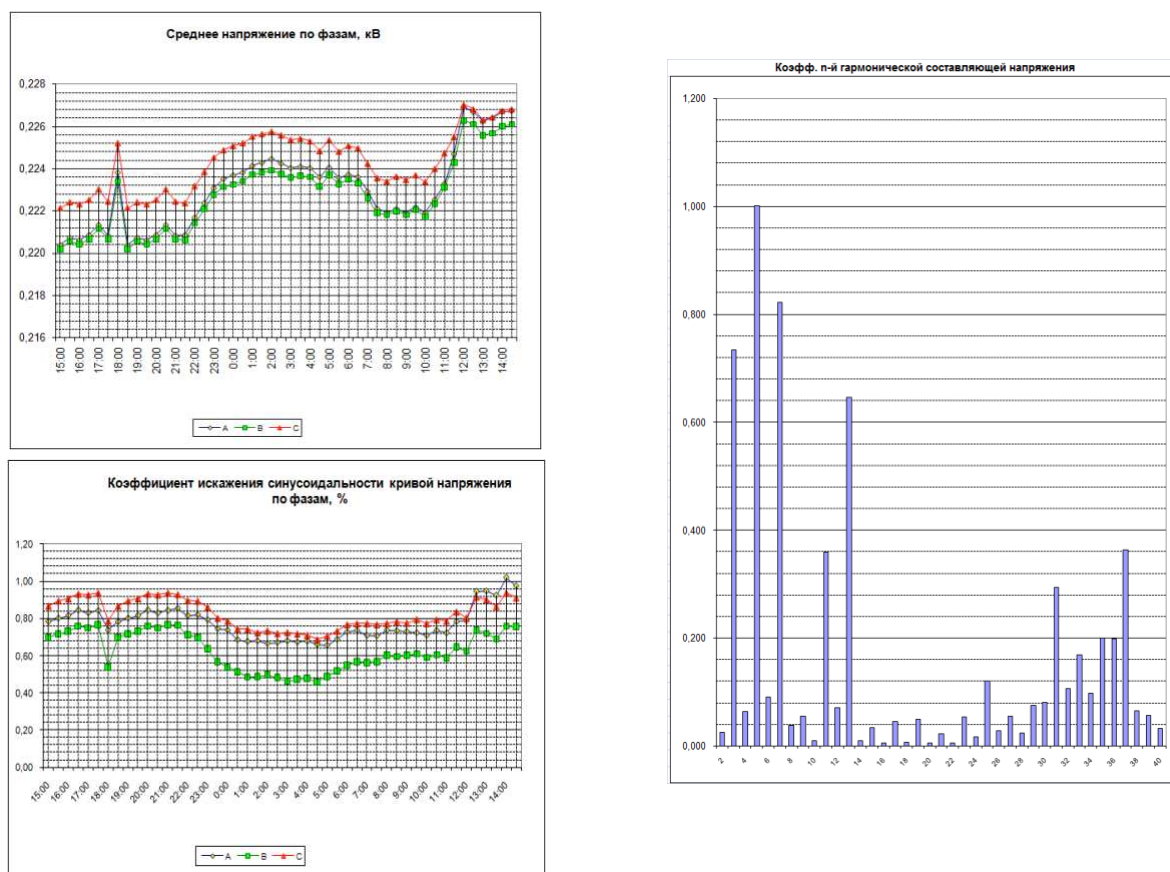


Рис. 1. – Значения ПКЭ для ТП 6/0,4 кВ, расположенной на КПОСК «Металлист»

Выполненная оценка ПКЭ на КП ОСК «Металлист» позволяет сделать вывод о несоответствии качества электроэнергии требованиям [1] и в дальнейшем может быть использована для разработки мероприятий по улучшению качества электроэнергии на вводимых в эксплуатацию ТП 10/0,4 кВ.

### Литература

1. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. - Взамен ГОСТ 13109-87; введ. 01.01.2000. - К.: Изд-во стандартов, 1999. - 31 с.

2. Баталов А.Г., Гриб О.Г., Сендерович Г.А., Довгальук О.М., Калужный Д.Н., Васильченко В.И., Громадский Ю.С., Манов И.А., Рожков П.П., Бородин Д.В. Качество электрической энергии в системах электроснабжения - Харьков: ХНАГХ, 2006. - 272 с.

### **МЕТОДИКА РОЗСТАНОВКИ ОПОР ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ЗА ПРОФІЛЕМ ТРАСИ**

В.П. Шпачук, д.т.н., В.О. Складаров, к.т.н.

*Харківська академія міського господарства*

При розстановці опор мають бути враховані дві основні умови:

а) відстані від проводів до землі і споруд, що перетинаються, мають бути не менш необхідних ПУЕ;

б) навантаження, що сприймається опорами, не повинне перевищувати значень, прийнятих в розрахунках опор.

Окрім цього, слід уникати розташування опор на місцях, що вимагають виконання спеціальних фундаментів.

Профіль траси ВЛ зазвичай є ламаною лінією і для дотримання першої умови необхідно мати прольоти різної довжини.

Для визначення прольотів зазвичай розстановку опор проводять із застосуванням шаблонів, що зображають криві найбільшого провисання дроту, побудовані на підставі розрахунку напруги і стріл провисання. При розстановці опор можуть бути два основні випадки: перший, коли дроти кріпляться на кожній опорі нерухомо натяжними гірляндами; другий, коли дроти кріпляться на кожній опорі рухомо на підтримуючих гірляндах ізоляторів або на роликів підвісах.

У першому випадку розрахунок і монтаж проводів проводиться в кожному прольоті окремо при відповідних значеннях стріл провисання.

У другому випадку тяжіння проводів в суміжних прольотах вирівнюється і у всій анкерованій ділянці встановлюється практично однакове тяжіння, відповідне приведеному прольоту:

$$l_{np} = \sqrt{\frac{\sum l_i^3}{\sum l_i}}, \quad (1)$$

де  $l_i$  – прольоти даної анкерованої ділянки.

Для прийнятої опори, наприклад, ПБ 150-1 приймаємо перше наближення приведенного прольоту  $l_{np1} = 209$  м.

Далі викреслюється в масштабі профіль траси (рис. 1) на міліметрівці, орієнтування якої однакове для шаблону і профілю траси, і проводиться розстановка опор. Вісь шаблону при цьому має бути строго вертикальна.

Крива 1 шаблону показує положення дроту по відношенню до землі і об'єктів, що перетинаються.

Крива 2 не зобов'язана перетинати лінію профілю, і стосується його.

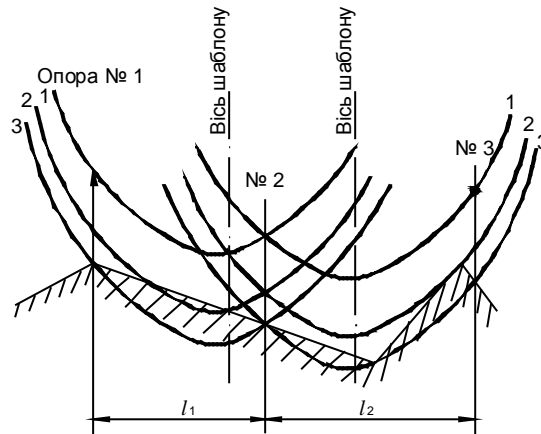


Рис. 1 - Профіль траси

Крива 3 в точках перетину з лінією профілю показує положення опор.

Якщо крива 3 перетинає лінію профілю кілька разів (другий проліт), то переважне місце установки опори – останнє місце перетину (рис. 1). Розстановку опор починають від першої заданої анкерної опори (вихідні дані).

Після розстановки опор вимірюють по схемі прольоти, сума яких повинна дорівнювати довжині анкерованої ділянки, і обчислюють з (1) наступне значення приведенного прольоту

$$l_{np} = \sqrt{\frac{\sum l_i^3}{\sum l_i}} = 190,5 \text{ м.}$$

Оскільки знайдене значення приведенного прольоту істотно відрізняється від першого наближення  $l_{np1} = 209$  м (відмінність  $\frac{209 - 199,5}{199,5} = 0,047$  або 4,7% < 6%), то прийнятий шаблон і розстановка опор залишаються без змін.

При суттєвій відмінності напруги (відмінність більше 6%) необхідно побудувати шаблон для нової напруги і провести перестановку опор.

Це викликається тим, що при меншій нарузі виникатимуть великі стріли провисання і не будуть витримані габарити до землі. При нарузі вище розрахункового, для якого будувався шаблон, будуть запаси в габаритах, що приведе до перевитрати опор.

Ця методика на практиці дозволяє виконувати розстановку опор повітряних ліній електропередач з урахуванням напруги та профілю траси.

## Література

1. Справочник по проектированию линий электропередачи / Вяземский М.Б. и др. Под ред. Реута М.А. – М.: Энергия, 1980.
2. Крюков К.П., Новгородцев Б.П. Конструкции и механический расчет линий электропередач. – М.: Энергия, 1979.
3. Кесельман Л.М. Основы механики воздушных линий электропередачи. – М.: Энергоатомиздат, 1992.
4. Правила устройства электроустановок. Разд. И. Канализация электроэнергии. – 5 изд. – М.: Атомиздат, 1978.
5. Правила устройства электроустановок. – 6 изд. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
6. Жуков В.Ф., Бакуменко П.В. К вопросу упрощенного расчета унифицированных железобетонных свободностоящих опор. Комunalное хозяйство городов: Наук.-техн. сб., Вип. 30. – К.: Техніка, 2001. – С. 143-146.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА, ВОЗНИКАЮЩЕГО ОТ ПОДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НИЗКОГО КАЧЕСТВА**

И.А. Самойленко

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

Центральной проблемой, способствующей выполнению задач связанных с качеством электроэнергии, является правильное определение величины экономического ущерба вызванного низким качеством электроэнергии. Решение этой проблемы позволит обоснованно подходить к экономическим аспектам управления качеством электроэнергии.

В настоящее время в экономической и правовой системе отсутствуют, какие либо методические и методологические разработки стоимостной оценки ущерба. В связи с этим важное значение приобретает проблема разработки методики оценки экономического ущерба от низкого качества электроэнергии.

В 1975г. Госкомитетом стандартов СМ СССР была издана «Методика определения экономического ущерба от отказов» [1], она явилась первым межотраслевым документом, посвященным выработке методов оценки ущерба. Средний ущерб на отказах и на час простоя по этой методике предлагалось определять статистическим способом, что для электроэнергетики крайне сложно, так как такая статистика либо отсутствует, либо ее объем очень мал, в результате вывод средних показателей в большинстве случаев получается не совсем корректным.

Анализ современных тенденций показал, что на сегодняшний день методическое обеспечение по вопросам оценки ущерба отсутствует. Можно сослаться на Временную методику определения размера убытков, причиненных нарушениями хозяйственных договоров от 21 декабря 1990, которая не утрати-

ла законной силы, и применяется в части, не противоречащей новому законодательству Украины. Однако Временная методика предназначена для определения размера убытков, причиненных нарушением хозяйственных договоров, заключенных между предприятиями и организациями и совсем не затрагивает вопросы, связанные с качеством поставляемой электроэнергии. К тому же, необходимо понимать, что эта методика в большей части устарела и нуждается в коренной переработке с учетом изменившихся обстоятельств.

Существующие методики, определяющие экономический ущерб не удовлетворяют требованиям современного производства и условиям рыночной экономики. В связи с этим возникает необходимость создания общей методики экономической оценки ущерба.

В этой связи автором разработана Методика оценки величины экономического ущерба возникающего от низкого качества электроэнергии.

Главная цель Методики - создать предпосылки для научно обоснованного и единообразного определения величины ущерба от низкого качества электроэнергии в денежном выражении во всех сферах деятельности хозяйствующего субъекта.

Методика может быть использована для оценки ущерба при расследовании аварий возникших из-за подачи электроэнергии низкого качества, разработке декларации промышленной безопасности, страховании ответственности организаций, эксплуатирующих производственные объекты, категорировании производственных объектов по степени риска и т.д.

По объекту воздействия различают следующие виды ущерба:

- ущерб энергетической системе, который проявляется в недоиспользовании производственных фондов и персонала электрических станций и сетей;

- ущерб хозяйственной деятельности (социально-экономический), который состоит в утрате того или иного вида собственности; выплате компенсаций, неустоек, штрафов, пени и пр.; упущенной выгоде от не заключенных и расторгнутых контрактов; нарушении процесса нормальной хозяйственной деятельности и т.д.;

- ущерб населению (социально-экономический), который выражается в потере личного имущества, потери времени, ухудшении условий жизнедеятельности и т.д.;

- ущерб региональной экономике, который проявляется в уменьшении объема валового регионального продукта, ухудшении социально-экономического развития региона;

- ущерб природной среде (экологический), под которым понимается ухудшение природной среды или затраты на ее восстановление, потеря народнохозяйственной ценности территорий или затраты на ее реабилитацию.

Эти разные ущербы имеют общую экономическую составляющую - по всем им может быть предъявлен иск на возмещение ущерба в экономической форме.

Все претензии и иски должны быть тщательно обоснованы юридически и подкреплены грамотными экономическими расчётами.

Применение Методики будет способствовать реализации предприятия-

ми и организациями своих прав на возмещение ущерба.

Определение величины экономического ущерба содействует соблюдению договорной дисциплины, сокращению непроизводительных расходов, способствует режиму экономии материальных ресурсов и оптимальному ведению хозяйственной деятельности.

## Литература

1. Методика определения экономического ущерба от отказов. – М.: Изд-во стандартов. - 1975. – 10 с.

### **ПРИНЦИПИ КОНСТРУЮВАННЯ МАЛОПОТУЖНИХ ВЕУ НА ПРИСАДИБНІЙ ДІЛЯНЦІ**

В.Я. Жарков, к.т.н., доц.

*Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь*

Вітроенергетика - це галузь, що має один з самих високих темпів розвитку. Щорічний приріст світової потужності ВЕУ становить 25...30%. Лідерами світової вітроенергетики за даними Європейської асоціації вітроенергетики за 2008 р. є США (25170 МВт), Німеччина (23903), Іспанія (16754), Китай (12210), Індія (9645). Лідером автономної вітроенергетики є Китай. За 2008 р. Китай збільшив потужність своїх ВЕУ в 2, Туреччина – в 3, Польща – в 1,7 рази. Загальна потужність світової вітроенергетики становить 120 ГВт. Близько 60% ВЕУ встановлено в Європі. У вітроенергетичній галузі працює 350 тис людей у всьому світі. У 2007 р. в США із енергії вітру було вироблено 48 млрд. кВт.год електроенергії, що складає 1 % від всієї електроенергії, виробленої в США за 2007 р. Країни Євросоюзу близько 3 % електроенергії виробляють із енергії вітру, зокрема у 2007 р. в Данії 18,3% електроенергії вироблялося із енергії вітру, в Німеччині - 6,2%.

Україна, хоча і є лідером з вітроенергетики серед країн СНД, займає 27-ме місце в світі, і за останні роки в цій галузі практично нічого не змінилося. На сьогодні в Україні нараховується 90 МВт вітроенергетичних потужностей. Це в основному вітроустановки USW56-100, виготовлені в Україні за американською ліцензією, застарілої конструкції – 70-х років. Номінальна потужність цієї вітроустановки приблизно 100 кВт, яку вона розвиває при швидкості вітру 13 м/с, але в Україні таких вітрів не буває. Середньорічна швидкість вітру в окремих районах Криму становить лише 5,5 м/с. Тому ці установки в Криму розвивають потужність не більше 10 кВт, а коштує вона 50 тис. доларів.

Україна має добрі досвід і традиції в проектуванні і спорудженні малопотужних ВЕУ [1,2,10]. До початку 60-х років в нашій країні заборонялося приєднувати сільських товаровиробників до державних електромереж, і сільськогосподарське виробництво трималося на власних енергетичних потужностях: мініГЕС, мініТЕЦ, ДЕС і ВЕУ. Практично не було села чи тваринницької фер-

ми, де не працювали б вітряний млин чи вітроводопідіймальна установка [1,2]. Про опікування держави вітроенергетичною галуззю говорять й такі факти. Завод ім. Петровського в Херсоні в повоєнні роки налагодив промислове виробництво автономних ВЕУ, а за створення вітродвигуна ВІМ-ГУСМП Д-18 групі спеціалістів була присуджена Сталінська премія за 1949 р. [1]. Але в 60-ті роки минулого століття робота в цьому напрямку була припинена із-за гігантomanії в електроенергетиці. Сільськогосподарське виробництво було приєднане до державних мереж і отримувало електроенергію по 1 коп/кВт.год, тоді як побутові електроспоживачі платили по 4 копійки.

Наша держава лише декларує підтримку вітроенергетики, але практично нічого для цього не робить. Для цього є гарні Закони [3-7], але вони не працюють. Після розпаювання землі багаточисельні селянські наділи залишилися практично без енергетичних джерел. Сьогодні практично немає такого району, де б місцеві умільці, заповучивши генератор, не намагалися самотужки збудувати власну ВЕУ. Але якісних посібників з використання нетрадиційних джерел енергії, і зокрема енергії вітру, у нас немає. Єдиним джерелом знань залишається книга професора Фатєєва [2], що була написана для учнів ПТУ.

Окрім розвитку комерційної вітроенергетики, в Україні є необхідність розвивати некомерційну, в першу чергу, «сільську», «фермерську», «для двору». Наша мета – провести розрахунки, спроектувати і побудувати приватну присадибну ВЕУ.

Розглянемо принципи конструювання автономної присадибної ВЕУ [9,10]. Що стосується конструктивних рішень, ми виходили з наших можливостей – фінансових і технічних, тому внесли багато спрощень і свої пропозиції.

Вибір кількості лопатей вітроколеса (ВК). Традиційно невеличкі ВЕУ для виробництва електроенергії виготовляють з швидкохідним ВК, яке має дві або три лопаті. Двохлопатеві ВЕУ - більш економічні, але для зменшення динамічних навантажень звичайно конструюють трилопатеві ВЕУ [9,10]. Ми обрали трилопатеве ВК.

Конструкція лопатей. Основними характеристиками конструкції лопаті є профіль перерізу та форма, матеріал і спосіб виготовлення. Матеріал для виготовлення лопатей застосовують різний [9]. Ми зупинилися на металевих лопатях, покритих листовим дюралюмінієм. Лопаті виготовлені з крутінням вздовж своєї осі.

Кут установки лопатей. Для автономних ВЕУ змінний кут установки лопаті забезпечує захист від перебільшення максимальної частоти обертання і регулювання потужності. Проте зміна кута установки лопаті підвищує вартість ВЕУ і збільшує ймовірність пошкоджень. Тому ми використали лопаті з фіксованим кутом установки.

Частота обертання вітрової турбіни. Для забезпечення максимальної ефективності роботи ВК частота його обертання повинна змінюватися пропорційно швидкості вітру, зберігаючи постійним коефіцієнт швидкохідності, а розвинута ним механічна потужність буде більш висока як при низьких, так і при високих швидкостях вітру, ніж при фіксованій частоті обертання [10]. При великих розмірах ВК доводиться використовувати мультиплікатори, які здорожують ВЕУ та її експлуатацію. Ми вирішили обійтися без мультиплікатора.

Матеріал і конструкція опорної вежі. В якості вежі ми використали нижню частину ґратчастої сталевий опори ЛЕП 154 кВ висотою 13 м.

Система орієнтації за напрямком вітру. ВЕУ горизонтально-пропелерного

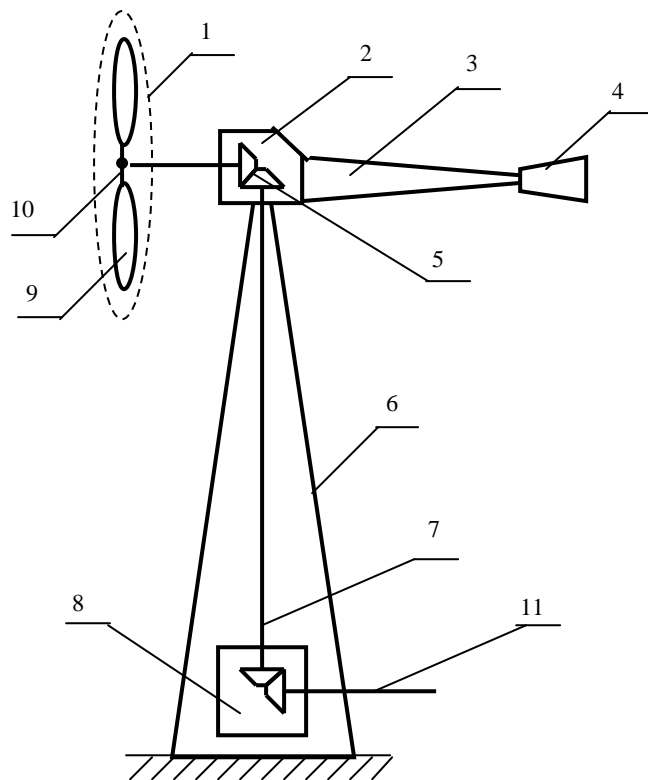


Рис. 1. – Будова ВЕУ:

1- вітроколесо, 2 - головка, 3 – ферма хвоста,  
4 – хвостова лопасть, 5 – верхній редуктор,  
6 – башта, 7 – вертикальний вал, 8 – нижній  
редуктор, 9 – лопасть, 10 – мах, 11 - вихідний  
вал відбору потужності.

гами останнього є низька частота обертання і стабільне збудження [10], а недоліками - непомірно висока ціна і велика маса. Останнє є реальним обмежувачем нарощування потужностей, так як із зростанням потужності сильно зростає маса (із-за збільшення кількості постійних магнітів). Останній варіант для нас є більш прийнятний. Зупиняємося на вентильних генераторах змінного струму ВГ-5(28)/114-300-02В і 02Г Російського виробництва. Генератори являють собою трифазні багатополюсні генератори змінного струму класичної конструкції із збудженням від постійних магнітів на основі Nd-Fe-B. Генератори виконання 02В мають «уші» для кріплення у вертикальному положенні, а генератори 02Г мають лапки для установки на станину. Генератори виконання 02В призначені для вертикальноосьових ВЕУ, а 02Г – для горизонтальноосьових.

Схема ВЕУ зображена на рисунку 1.

**Розрахунок параметрів ВЕУ.** (Розрахунки виконав член МАН Лучанінов Володимир, робота якого у 2010 р. посіла 3-тє місце на Всеукраїнському конкурсі «Енергія і середовище» у номінації «Практичне застосування відновлюваних джерел енергії»).

типу вимагають механізму орієнтації за напрямком вітру. Ми розташували ВК перед вежею і обрали найбільш простий засіб орієнтації за вітром - хвостову лопасть [2,10].

**Вид трансмісії.** Для з'єднання ВК з генератором ми обрали два зубчастих редуктори (від кормороздавача) з косозубими шестернями, з'єднаних вертикальним трубчастим валом.

**Тип генератора.** Для автономних ВЕУ зазвичай використовують два види генераторів:

1) синхронний вентильний генератор; 2) генератор на постійних магнітах.

Кожен з них має свої переваги і недоліки. Перевагами першого є його низька ціна і можливість отримати великі потужності без значного збільшення маси. Перева-



Таблиця 1. – Технічні дані генераторів ВГ-5(28)/114-300-02В і 02Г

Параметр	ВГ-5(28)/114-300-02В	ВГ-5(28)/114-300-02Г
Номинальна потужність, кВт	5,0	5,0
Частота обертання $\text{хв}^{-1}$	300	300
Номинальна вихідна напруга, В	114	114
Вихідний струм, випрямлений, А	50	50
Число фаз	3	3
Частота вихідної напруги, Гц	50	50
Діаметр, мм	360	360
Момент зрушення, Нм	5	5
ККД, %	85	85
Маса, кг	100	104

Потужність ВЕУ визначається за формулою [8,9]

$$P = C_p \cdot \pi D^2 \cdot \rho \cdot \frac{U_o^3}{8}, \quad (1)$$

де  $C_p$  – коефіцієнт потужності, максимальне значення  $16/27 \approx 0,593$  [8], зазвичай  $C_p = 0,3 \dots 0,4$  залежно від якості вітротурбіни [9];  $D$  – діаметр ВК, приймаємо 8 м;  $\rho$  – густина повітря ( $\rho \approx 1,2 \dots 1,3 \text{ кг/м}^3$ );  $U_o$  – розрахункова швидкість вітру, м/с; із карти вітропотенціалу України - для Запорізької області  $U_{c.p} = 5 \text{ м/с}$ .

Для районів із середньорічною швидкістю вітру 3...5 м/с за розрахункову зазвичай цю швидкість приймають рівною 8 м/с [1,2].

Після незначних перетворень формула (2) приймає вигляд

$$P = (0,15 \dots 0,2) D^2 \cdot U^3. \quad (2)$$

Тоді  $P = (0,15 \dots 0,2) \cdot 8^2 \cdot 8^3 \approx 5 \dots 7,5 \text{ кВт}$ .

Максимальна потужність ВЕУ при  $U_{\max} = 2U_o = 16 \text{ м/с}$   $P_{\max} = 39 \dots 60 \text{ кВт}$ .

Коефіцієнт швидкохідності  $Z$  - відношення швидкості  $U_{\lambda}$  кінців лопатей вітроколеса до швидкості вітру  $U_o$  [8,9]

$$Z = \frac{U_{\lambda}}{U_o} = \frac{R\omega}{U_o}. \quad (3)$$

Оптимальний коефіцієнт швидкохідності для  $n$ -лопатевого ВК ( $n=3$ ) [9]

$$Z_o = \frac{4 \cdot \pi}{n} = \frac{4 \cdot 3,14}{3} \approx 4. \quad (4)$$

Із формули (4) визначаємо оптимальну кутову швидкість  $\omega_o$  і частоту обертання  $n_o$  ВК [9]

$$\omega_o = Z_o \cdot \frac{U_o}{R} \text{ рад/с}, \quad n_o = \frac{\omega_o}{2\pi}, \quad (5)$$

$$\omega_o = 4 \cdot \frac{7,5}{4} = 7,5 \text{ рад/с}, \quad n_o = \frac{7,5}{2 \cdot 3,14} \approx 1,2 \text{ с}^{-1} = 72 \text{ хв}^{-1}.$$

Лінійна швидкість кінців лопатей при оптимальній частоті обертання [3]

$$U_{\text{л}} = R \cdot \omega_o ; \quad (6)$$

$$U_{\text{л}} = 4 \cdot 8 = 32 \text{ м/с} = 115 \text{ км/год.}$$

Спроектована присадибна ВЕУ побудована домогосподарями (батько з сином) на своїй садибі в с. Семенівка Мелітопольського району Запорізької обл. Проте із-за відсутності багатопольового генератора поки що не працює.

**Висновки.** Селянам сьогодні на державу надіятися неможна. В Україні сьогодні близько 30 тис. сільських населених пунктів [10]. Якби в кожному з них побудувати лише по одному віпроагрегату потужністю всього 1 кВт, то отримали б встановлену потужність 30 МВт, тобто третину від всієї Української віпроенергетики, які могли б виробити 60 млн. кВт.год електроенергії, що дасть змогу зменшити викиди CO<sub>2</sub> орієнтовно на 60 тис. т. щорічно.

## Література

1. Фатеев Е.М. Достижения советской ветротехники/ Е.М. Фатеев, И.В. Рождественский// Вестник машиностроения.-1952.-№9.-С.24-27.
2. Фатеев Е.М. Ветро двигатели и их применение в сельском хозяйстве/ Е.М. Фатеев.- М.: Машгиз, 1957.- 323 с.
3. Про енергозбереження: Закон України// Відомості Верх. Ради України.-1994.-№30.- Ст.283.
4. Про електроенергетику: Закон України// Відомості Верх. Ради України.-1998.-№12.- Ст. 1.
5. Про будівництво віпроелектростанцій: Указ Президента України від 02.03.1996.
6. Про альтернативні джерела енергії: Закон України// Відомості Верх. Ради України.-2003.-№24.- Ст.155.
7. Про утворення Національного агентства України з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів: Указ Президента України №1900 від 31.12.2005.
8. Твайделл Дж. Возобновляемые источники энергии/ Дж. Твайделл, А.Уэйр: Пер. с англ.- М.: Энергоатомиздат, 1990.- 392 с. Жарков В.Я.
9. Жарков В.Я. Принципы конструирования малопотужних ВЕУ Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства.- Вип. 19, т.2 - Харків: ХДТУСГ, 2003.- С.24-30.
10. Ясенецький В. Віпроенергетична система автономного або резервного живлення, водопостачання – чи потрібна вона нам?/ В. Ясенецький, М. Шихайлов// Техніка АПК.-2002.- №10-11.-С.29-30.

## **БУДОВА, ПРИНЦИП ДІЇ, ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ЕЛЕГАЗОВИХ ВИМИКАЧІВ ТА БЕЗПЕЧНЕ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ**

Я.О. Серіков, к.т.н., проф., О.А. Якунін

*Харківська національна академія міського господарства*

Високовольтні вимикачі є одними з важливих елементів в системі електропостачання

Приблизно в 80-ті рр. минулого сторіччя в на зміну масляним вимикачам прийшли нові, в яких в якості ізоляційного і дугогасного середовища використовується елегаз.

Як дугогасильне тепловідвідне та ізолююче середовище в них застосовується елегаз (електротехнічний газ) також він зветься шестифтористою сіркою SF<sub>6</sub>.

Чистий газоподібний елегаз має такі переваги: хімічно не активний; нешкідливий; не горить і не підтримує горіння; володіє підвищеною теплопровідною здатністю; вдало поєднує в собі ізоляційні і дугогасні властивості; досяжний і порівняно недорогий. При нормальній експлуатації елегаз не діє на матеріали, вживані в апаратобудуванні, він не "старіє" не вимагає утилізації.

Елегаз є інертним газом, щільність якого перевищує щільність повітря в 5 разів. Електрична міцність елегазу в 2 – 3 рази вище за міцність повітря. При тиску 0,2 МПа електрична міцність елегазу порівняна з міцністю масла.

Проте при обслуговуванні елегазових вимикачів необхідні спеціальні прилади для очищення, заповнення та перекачки.

В даний час елегазові вимикачі застосовуються на всіх класах напруги (6-750 кВ) при тиску 0,15 – 0,6 МПа. Підвищений тиск застосовується для вимикачів вищих класів напруги(до 1150 кВ).

У елегазі при атмосферному тиску може бути погашена дуга із струмом, який в 100 разів перевищує струм, що відключається в повітрі за тих же умов. Виняткова здатність елегазу гасити дугу пояснюється тим, що його молекули уловлюють електрони дугового стовпа і утворюють відносно нерухомі негативні іони. Втрата електронів робить дугу нестійкою, і вона легко гасне. У струмені елегазу, тобто при газовому дутті, поглинання електронів з дугового стовпа відбувається ще інтенсивніше.

В даний час елегазові вимикачі використовуються найчастіше в комплектних розподільчих пристроях всіх класів напруги. Застосування елегазових вимикачів багато в чому залежить від стану технологічних баз, а також від технічних показників процесів виробництва і використання.

Відомо що елегазові вимикачі забезпечують низькі перенапруження, тим самим, полегшуючи функціонування іншого енергоустаткування. Тому вони ідеально підійдуть для застосування в ланцюгах різних електродвигунів обмеженої потужності.

При горінні дуги у високовольтному вимикачі в ній одночасно протікають два протилежні процеси: іонізації і деіонізації. При цьому щоб дуговий проміжок

не був повторно пробитий напругою, що відновлюється, необхідно щонайшвидше усунути з нього заряджені частинки, тобто деіонізувати його.

Так як, елегаз є інертним газом, він не підтримує горіння дуги, має високі, електричну міцність і дугогасні властивості, дуга легко гасне, також застосовують принцип газового дугтя для збільшення тиску газу і опору дузі при комутації.

Полюсом елегазового вимикача є герметичний заземлений металевий резервуар, в якому розміщений дугогасильний пристрій. Резервуар заповнений стисненим елегазом. На слайді зображена конструктивна схема одного автоматичного дугогасильного пристрою елегазового вимикача. У включеному положенні ламелі головного рухомого контакту щільно охоплюють нерухомий трубчастий контакт, створюючи ланцюг електричному струму. В процесі відключення вимикача рухома система, що складається з циліндра, рухомого контакту і фторопластового сопла, опускається вниз, при цьому елегаз, що знаходиться в порожнині А нерухомого циліндра, стискається і тиск в цій порожнині підвищується. Стислий газ прямує в зону дуги і гасить її після виходу контакту з сопла.

Електрична дуга частково розкладає елегаз. Основна маса продуктів розкладання рекомбінується (відновлюється), та частина, що залишилася, поглинається фільтрами-поглиначами, вбудованими в резервуари вимикачів. Продукти розкладання, не поглинені фільтрами, взаємодіють з вологою, киснем і парами металу і в невеликих кількостях випадають у вимикачах у вигляді тонкого шару порошку. Сухий порошок - хороший діелектрик.

Перед допуском до роботи на комутаційних апаратах з дистанційним керуванням слід виконати такі технічні заходи:

- відключити силові кола приводу, кола оперативного струму і кола підігріву;
- закрити і замкнути на замок засувки на трубопроводі подачі повітря в баки вимикачів або на пневматичні приводи і випустити в атмосферу повітря, що в них є, в цьому разі спускні пробки залишаються у відкритому стані;
- привести в неробочий стан вантаж або пружини, що вмикають комутаційні апарати;
- вивісити плакати «Не вмикати! Працюють люди» на ключах дистанційного керування і «Не відкривати! Працюють люди» на закритих засувках.

Для пробних вмикань і вимикань комутаційного апарата під час його налагоджування і регулювання допускається у випадку, якщо ще не здано наряд, тимчасове подавання напруги в кола оперативного струму і силові кола приводу, в кола сигналізації і підігрівання, а також подавання повітря в привод і на вимикач.

Встановлення знятих запобіжників, вмикання відключених кіл і відкриття засувки під час подавання повітря, а також зняття на час випробування плакатів «Не вмикати! Працюють люди» і «Не відкривати! Працюють люди» здійснюють оперативні працівники або з їх дозволу керівник робіт.

Дистанційно вмикати або вимикати комутаційний апарат для випробування дозволяється особі, яка проводить налагодження чи регулювання, або за її вимогою оперативному працівнику.

Після випробування, в разі необхідності продовження роботи на комутаційному апараті, оперативним працівником або, з його дозволу, – керівником робіт слід виконати технічні заходи, що вимагаються для допуску до роботи.

В умовах нормальної експлуатації практично неможливо добитися абсолютної герметизації резервуарів, тому неминучі витoki елегазу, які, проте, не повинні перевищувати 3% загальної маси в рік. Тиск контролюється за свідченнями манометрів, а також щільномірів, коли температура навколишнього середовища змінюється в широких межах і контроль за ізоляцією вимірюванням тиску непридатний. Спеціальний пристрій сигналізації попереджає персонал про раптову появу витоків елегазу. У разі відхилення тиску елегазу від номінального необхідно вжити заходи по поповненню резервуарів елегазом.

При оглядах вимикачів перевіряється їх загальний стан: чистота зовнішньої поверхні, відсутність звуків електричних розрядів, тріску, вібрацій. Перевіряється робота припливно-витяжної вентиляції, температура повітря в приміщенні.

При обслуговуванні елегазових установок персоналу слід пам'ятати, що елегаз в 5 разів важче за повітря і при витках скупчується на рівні підлоги і в інших знижених місцях. В середовищі з великою концентрацією елегазу людина може раптово знепритомніти без яких-небудь тривожних симптомів. Щоб уникнути цього необхідно обладнати доступ свіжого повітря і застосовувати індивідуальні засоби захисту.

Це пояснюється тим, що у разі пропалення резервуарів вимикача, розриву запобіжних мембран атмосфера може бути забруднена продуктами розкладання елегазу електричною дугою, в яких містяться активні високотоксичні фториди і сірчисті сполуки. Ці хімічні сполуки в газоподібному і твердому стані надзвичайно небезпечні для людини.

Безпечний рівень концентрації чистого елегазу в приміщенні - не більше 0,1%, а при короткочасному перебуванні - до 1%.

На сьогоднішній день практично у всіх країнах світу використовуються в основному елегазові вимикачі на класах напруги від 6-1150 кВ.

З яким, би приладом не мала справу людина, а необхідно знати й виконувати правила безпечної праці.

Кожен прилад має ряд переваг та недоліків, проте все змінюється, можливо в майбутньому й ці нові, на наш час, вимикачі замінять кращі.

## СЕКЦИЯ “ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ”

*Руководитель секции – д.т.н., проф. Лисиченко Н.Л.*

*Секретарь секции – Натарова И.Г.*

### **К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБИНЫ ПРОВАЛА НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

А.И. Колбасин, к.т.н., доц., В.П. Михайлов, И.Г. Натарова

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

Согласно ГОСТ 13109-97 ГОСТ 13109-97 "Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения" провалом напряжения считается «внезапное понижение напряжения в точке электрической сети ниже  $0,9 U_{\text{ном}}$ , за которым следует восстановление напряжения до первоначального или близкого к нему уровня через промежуток времени от десяти миллисекунд до нескольких десятков секунд».

Провал напряжения характеризуется длительностью и глубиной провала напряжения. Длительность провала согласно ГОСТ 13109-97 определяется следующим образом:

- 1) фиксируют начальный момент времени  $t_n$  резкого спада (ниже уровня  $0,9 U_{\text{ном}}$  с длительностью менее 10 мс) огибающей среднеквадратических значений напряжения, определяемых на каждом полупериоде основной частоты;
- 2) фиксируют конечный момент времени  $t_k$  восстановления среднеквадратичного значения напряжения до  $0,9 U_{\text{ном}}$ ;
- 3) длительность провала напряжения  $\Delta t_{\text{п}}$  определяется по формуле

$$\Delta t_{\text{п}} = t_k - t_n.$$

Глубина провала напряжения  $\delta U_{\text{п}}$  согласно ГОСТ 13109-97 выражается в процентах и определяется следующим образом:

- 1) измеряются среднеквадратичные значения напряжения  $U$  за каждый полупериод основной частоты во время провала напряжения.
- 2) определяется минимальное из всех измеренных в соответствии с 1) среднеквадратичных значений напряжения  $U_{\text{min}}$ ;
- 3) глубина провала напряжения  $\delta U_{\text{п}}$  вычисляется в процентах по формуле

$$\delta U_{\text{п}} = \frac{U_{\text{ном}} - U_{\text{min}}}{U_{\text{ном}}} * 100 .$$

Таким образом, глубина провала напряжения определяется только минимальным среднеквадратичным значением напряжения и не зависит от закона

изменения напряжения во время провала.

Такое определение глубины провала в ряде случаев не позволяет проанализировать степень ущерба, вызванного провалом напряжения, так как в зависимости от причин, вызвавших провал напряжения, и от характеристик электрооборудования, подвергшегося влиянию провала напряжения, различные законы изменения напряжения во время провала могут привести к отличающимся последствиям даже при одинаковой глубине провала.

Провал напряжения в целом приводит к уменьшению энергии, поступающей в нагрузку. Количественно это уменьшение зависит от закона изменения напряжения в течение провала.

Форму закона изменения напряжения можно учесть, если вычислить среднее квадратическое значение напряжения в течение длительности провала, при этом глубину провала можно определить по формуле

$$\delta U_{\Pi} = \frac{U_{\text{ном}} - \frac{1}{t_k - t_n} \int_{t_n}^{t_k} u^2(t) dt}{U_{\text{ном}}} * 100, \quad (1)$$

где  $u(t)$  – мгновенные значения напряжения.

Глубина провала по (1) подразумевает измерение мгновенных значений напряжения с достаточно высокой частотой дискретизации. Если же измеритель определяет среднеквадратичные значения напряжения на каждом полупериоде, то формула (1) может быть модифицирована к виду

$$\delta U_{\Pi} = \frac{U_{\text{ном}} - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N U_i}{U_{\text{ном}}} * 100, \quad (2)$$

где  $U_i$  – среднеквадратичное напряжение на  $i$ -том полупериоде;  $N$  – число полупериодов в течение полупериода.

Глубина провала, определяемая по формулам (1), (2), учитывает потенциальное уменьшение энергии (мощности) и может быть названа «энергетической глубиной провала напряжения».

Аналогичный подход применим и к определению коэффициента временного перенапряжения.

## **КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ НАГРУЗКИ ТЯГОВОЙ ТП ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА**

А.И. Дорошенко, к.т.н., Д.Н. Куанг, асп.

*Одесский национальный политехнический университет*

Как показывают исследования, режим электропотребления систем элек-

троснабжения городского электротранспорта (трамвай, троллейбус) характеризуется значительным реактивным потреблением, в том числе, и на высших гармонических составляющих. Так коэффициент мощности на первой гармонике составляет величину, в среднем, на уровне  $\cos\varphi = 0,75$  о.е., а спектр гармоник в трехфазной мостовой схеме преобразования с неуправляемыми вентилями содержит все канонические гармоники в интервале до гармоники с номером  $v = 40$ , последней гармоники, учитываемой по требованию ГОСТа. Номер канонических гармоник определяется по известному выражению

$$v = 6n \pm 1, \quad (1)$$

где  $n$  - ряд натуральных чисел: 1,2,3,4,5,6.

С целью снижения платы потребителей, в системе электроснабжения которых имеются источники тока высших гармоник, за перетоки реактивной электроэнергии в их электрические сети из электрических сетей энергоснабжающих организаций и повышения качества электроэнергии, у первых применяют фильтро-компенсирующие устройства (ФКУ). В большинстве случаев это пассивные резонансные фильтры с определенной резонансной настройкой, которые устанавливаются на тяговых подстанциях так, как показано на рис.1. Такие устройства могут быть как регулируемые, так и нерегулируемые.

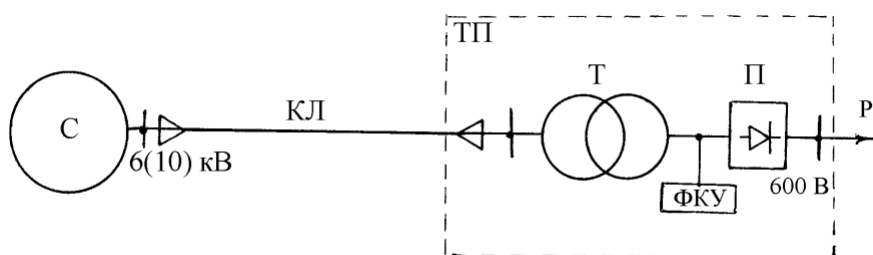


Рис.1 - Принципиальная схема присоединения ФКУ

Известно, например, устройство универсального, по мнению его авторов, фильтра гармоник для питания привода постоянного тока. Его принципиальную схему представлено на рис.2.

Как можно видеть, такой фильтр состоит из двух дросселей  $L_1$  и  $L_2$ , магнитные системы которых соединены магнитным шунтом МШ. Обмотки дросселей соединены последовательно. К точке их соединения включается нагрузка с преобразователем, а к концам обмотки  $L_2$  присоединяется нерегулируемая трехфазная конденсаторная батарея  $C$ . Свободные выводы обмотки  $L_1$ , которая имеет ступенчатое регулирование числа витков, присоединяются к источнику питания. Таким образом, устройство представляет собой широкополосный резонансный фильтр, который может компенсировать реактивную нагрузку преобразователя постоянного тока и подавлять характерные гармоники тока, генерируемые этим преобразователем.

Несмотря на ряд достоинств, которыми, по мнению авторов [1], обладает указанное устройство, по нашему мнению, оно обладает некоторыми суще-



ственными недостатками.

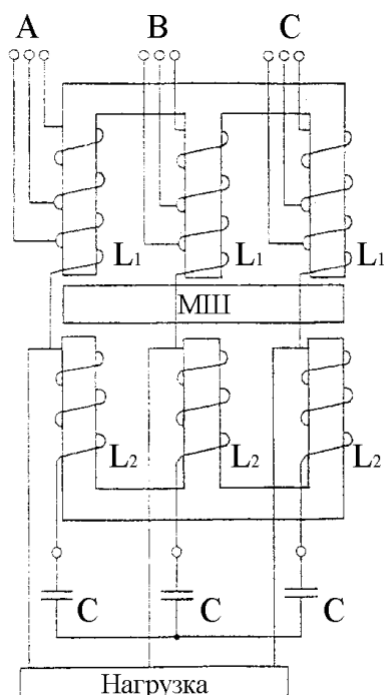


Рис.2 – Универсальный  
фильтр гармоник

Цель данной работы – улучшение технологической эффективности известного фильтро-компенсирующего устройства для применения на тяговых подстанциях городского электротранспорта.

Поставленная цель, по мнению авторов, достигается в устройстве, принципиальная схема которого приводится на рис.3.

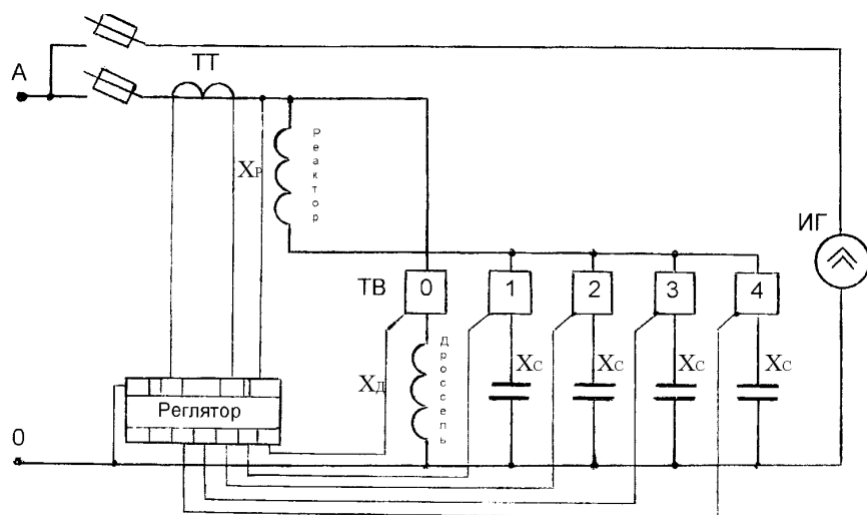


Рис. 3 - Предлагаемое фильтро-компенсирующее устройство

Можно видеть, что оно состоит из четырех, одинаковых по мощности, ступеней конденсаторной установки, которые совместно с индуктивным реак-

тором  $X_p$  могут образовывать пассивный резонансный фильтр. Его частотная настройка определяется количеством конденсаторных ступеней, управляемых тиристорными выключателями (ТВ1...ТВ4).

Номер минимальной гармоники настройки такого резонансного фильтра должен определяться из условия допустимости такого повышения до величины не более  $1,1U_{\text{ном}}$ . Номер такой гармоники можно определить из условия

$$\frac{V_p^2}{V_p^2 - 1} \leq 1,1, \quad (2)$$

откуда

$$V_p = \sqrt{\frac{X_c}{X_p}} \leq \sqrt{11} = 3,16 \text{ о.е.}, \quad (3)$$

где  $X_c$  - реактивное сопротивление одной конденсаторной ступени, Ом.

Для гармоник тока с порядковым номером больше  $V_p$  фильтр обладает индуктивным характером сопротивления, что благоприятно сказывается на нагрузке конденсаторов предлагаемого устройства.

Параллельно этому фильтру включается индуктивный дроссель с реактивным сопротивлением  $X_d$ , плавно управляемый с помощью тиристорного выключателя ТВ0. Номинальная мощность этого дросселя выбирается таким образом, чтобы при полностью открытом ТВ0 и подключенной только одной конденсаторной ступени реактивная мощность устройства равнялась нулю.

Работает устройство следующим образом:

Если реактивная нагрузка индуктивного характера в точке электрической сети, где присоединено устройство, отсутствует, и напряжение выше заданного значения, то открываются тиристоры выключателя ТВ0 и снижают величину напряжения.

При увеличении реактивной нагрузки гармоник открывается выключатель ТВ1 и полностью открывается выключатель ТВ0. Суммарная реактивная нагрузка устройства в этом случае при частоте 50 Гц равна, квар

$$Q = Q_d - Q_c = 0. \quad (4)$$

При увеличении реактивной нагрузки в точке А постепенно закрывают тиристоры ТВ0 и при полном их закрытии реактивная нагрузка устройства равна  $Q_c$ . При дальнейшем росте реактивной нагрузки одновременно открывается ТВ2 и снова полностью открывается ТВ0. Суммарная реактивная нагрузка устройства в таком режиме сохраняется на уровне  $Q_c$ .

При дальнейшем увеличении реактивной нагрузки в точке А постепенно закрывают тиристоры ТВ0 и при полном их закрытии реактивная нагрузка устройства равна  $2Q_c$ . Такой процесс продолжается до тех пор, пока устройство полностью не исчерпает свои возможности. Его максимальная реактивная

мощность равна  $4Q_c$ .

При уменьшении реактивной нагрузки точки А операцию с выключателями производят в обратном порядке.

В отличие от известного устройства, предлагаемое ФКУ позволяет автоматически и плавно регулировать его мощность на первой гармонике, что улучшает качество регулирования реактивной нагрузки на первой гармонике и и минимизировать ВГ, исключая перегрузку его конденсаторов.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**

С.А. Духанин

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

Постоянно, и особенно в настоящее время с ростом мощностей потребителей электрической энергии возникают различные вопросы в области электроэнергетики. Одним из таких вопросов интерес, к которым растет во всем мире, является вопрос энергоэффективности.

Прежде всего, для решения вопросов энергосбережения, а соответственно и энергоэффективности существует необходимость обеспечения рационального использования топливно-энергетических ресурсов за счёт реализации энергосберегающих мероприятий. Также сохранение и расширение потенциала экспорта энергоресурсов и доходной части бюджета за счёт сокращения неэффективного потребления энергии на внутреннем рынке может помочь в решении вопроса энергоэффективности.

Таким образом, возникает вопрос, что необходимо сделать для того, чтобы повысить энергоэффективность в электроэнергетике.

Ссылаясь на проект Государственной программы энергосбережения и повышения энергоэффективности Минэнерго России необходимо провести следующие типовые технические мероприятия в электроэнергетике:

1. Вывести из эксплуатации дизельные электростанции, выработавшие свой ресурс, при этом построить новые с использованием современных технологий (в условиях укрупнения и консолидирования поселков, их частичного закрытия, развития сетевого хозяйства и многое другое), и модернизировать их с использованием нового современного энергоэффективного оборудования;

2. Произвести вывод из эксплуатации низкоэкономичного выработавшего моральный и физический ресурс паросилового оборудования газовых теплоэлектростанций, заменить его новыми установками с использованием газотурбинных и парогазовых технологий, модернизировать или реконструировать действующие конденсационные и теплофикационные установки с использованием современного энергоэффективного оборудования;

3. Вывести из эксплуатации морально устаревшее оборудование с низкими параметрами пара угольных теплоэлектростанций, заменить его новыми установками с использованием эффективных экологически чистых угольных

технологий, модернизировать действующие агрегаты с целью повышения их энергоэффективности;

4. Необходимо повысить технический уровень, освоение и внедрение в Единую национальную электрическую сеть России новых энергоэффективных инновационных технологий, разработать на их основе типовые проектные решения:

а) технологии и оборудование гибких систем передачи переменного тока (**FACTS**);

б) силовые электронные системы постоянного тока высокого напряжения (**HVDC**);

в) технологии и оборудование для высокоинтегрированных интеллектуальных системообразующих и распределительных электрических сетей нового поколения в ЕЭС России (**Smart Grids**);

г) высокотемпературные сверхпроводниковые материалы и устройства на их основе и другое.

5. Снижать потери электроэнергии и совершенствовать системы коммерческого и технического учёта электроэнергии в электрических сетях и у потребителей.

Однако, как и в решении любых вопросов, на пути повышения энергоэффективности возникают различные барьеры. Эти барьеры имеют очень разную природу: ценовые и финансовые; барьеры, связанные со структурой и организацией экономики и рынка; институциональные барьеры; социальные, культурные, поведенческие и т.д. Практически все они устранимы с помощью целевых мер политики по повышению энергоэффективности. Чтобы такая политика была максимально эффективна, необходимо четко и ясно понять, что более всего мешает внедрению энергоэффективных технологий и образцов поведения.

Условным образом все барьеры повышения энергоэффективности можно разделить на четыре группы: недостаток мотивации; недостаток информации; недостаток финансовых ресурсов и недостаток организации и координации.

Прежде был еще пятый барьер недостаток технологий. Но сегодня такого ограничения больше нет. Рынок предлагает все более широкий выбор энергоэффективного оборудования, материалов и даже консультационных услуг.

На сегодняшний день все эти барьеры постепенно устраняются, и в скором времени повышение энергоэффективности пойдет в полной мере.

Таким образом, можно сделать вывод, что все выше перечисленные мероприятия позволят значительно повысить энергоэффективность в электроэнергетике. Естественно мероприятия такого рода требуют значительных финансовых затрат, однако по предварительным расчетам их реализация обеспечит на первом этапе к 2015 году годовую экономию первичной энергии не менее 85 млн. тонн условного топлива, а также снижение общей энергоемкости не менее чем на 7,4 % по сравнению с настоящим временем, а на втором этапе реализации к 2020 году годовую экономию первичной энергии не менее 170 - 180 млн. тонн условного топлива, и снижение общей энергоемкости не менее чем на 13,5 % по сравнению с настоящим временем.

В заключении также следует заметить, что повышение энергетической эффективности в других секторах помимо электроэнергетики приведет к видимому росту потенциала энергосбережения и энергоэффективности.

## **ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ ВИПРЯМЛЯЮЧОЇ УСТАНОВКИ З ВОЛЬТОДОДАВАЛЬНИМ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ**

В.В. Панченко, ст. викл.

*Українська державна академія залізничного транспорту*

При багатократному перетворенні електричної енергії вихідна напруга випрямляючої установки містить широкий спектр гармонік, що складається з складових, обумовлених кожним із видів перетворення, несиметрією мережі живлення, внутрішньою несиметрією перетворювача, а також модуляційними гармоніками.

У роботі розглядається можливість використання вольтододавального перетворювача у якості активного фільтра для зменшення амплітуд неканонічних гармонічних складових вихідної напруги випрямляючої установки. Проведений аналіз вимагає розробки адекватної динамічної моделі випрямляючої установки з вольтододавальним перетворювачем (ВДП), що являє собою керований шестипульсовий випрямляч.

Запропонована у роботі структура випрямляючої установки з вольтододавальним перетворювачем має низку особливостей. Зокрема, керування ВДП виконується за допомогою системи імпульсно-фазового керування (СІФК) побудованої за вертикальним принципом. Корекція коефіцієнта потужності досягається застосуванням у ВДП повністю керованих силових ключів та широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). Паралельно керованій частині підключені шунтуючі діоди, що підвищує енергетичні показники установки. При цьому режим роботи некерованої частини не змінюється. Завдяки застосуванню шунтуючих діодів підвищується надійність роботи підстанції, забезпечується безперервність тягового струму при випадкових зникненнях керуючих імпульсів, підвищується коефіцієнт потужності керованої частини на 2,5-4%, знижується величина заважаючої напруги, а також, рівень радіозавад.

Включення керованого випрямляча до замкнутої системи автоматичного регулювання дає змогу придушувати неканонічні гармоніки вихідної напруги викликані несиметрією живлячої мережі і несиметрією випрямляючої установки.

У роботі розглянута специфіка тиристорного вольтододавального випрямляча як елемента замкнутої системи і отримані осцилограми вихідних напруг некерованої та керованої частин випрямляючої установки.

Застосовані у роботі математичний апарат, а також можливості системи імітаційного моделювання MATLAB дозволяють ефективно аналізувати динамічні процеси у замкнутих системах автоматичного регулювання гармонічного складу випрямленої напруги.

## **ДО ПИТАННЯ ВИБОРУ ПРОЦЕДУРИ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ НЕСТАЦІОНАРНИХ СИГНАЛІВ ПРИ АНАЛІЗІ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

О.Г. Гриб, д.т.н., проф., Д.І. Абраменко

*Харківська національна академія міського господарства*

Проблемі контролю й забезпечення якості електроенергії в останні роки приділяється велика увага. І це не випадково, тому що недотримання нормованих показників якості веде до матеріального збитку на підприємствах, що оснащуються усе більш тонкою й досконалою технологією з високим ступенем автоматизації виробничих процесів. У промислових електротехнічних системах у силу наявності нелінійних елементів, динамічно змінюючихся навантажень і комутацій, електричні режими мають нестационарний характер, що проявляється у відхиленні струмів і напруг від синусоїдальної форми. Для оцінки й дослідження поведінки таких об'єктів застосовуються різні методи математичного моделювання, аналізу й статистичної обробки гармонійного складу струмів і напруг [1].

Традиційним математичним апаратом, що використовується для аналізу гармонійного складу струмів і напруг, є перетворення Фур'є, зокрема, його дискретна форма [2].

Перетворення Фур'є є ефективним засобом дослідження сигналів. Разом з тим перетворення Фур'є має ряд недоліків, які особливо помітно проявляються на нинішньому етапі науково-технічного розвитку. Справа в тому, що сучасні системи обробки інформації й керування все більшою мірою орієнтуються на роботу зі складними сигналами в реальному часі з урахуванням наявних перешкод. Підвищені вимоги до точності й швидкодії при обробці нестационарних сигналів (а таких в електроенергетиці більшість) створюють серйозні труднощі для застосування ДПФ.

Серед проблем, що виникають при використанні ДПФ для обробки складних сигналів, виділимо наступні:

- базисною функцією для розкладання в ряд Фур'є є гармонійне (синусоїдальне) коливання, що математично визначене в інтервалі часу від  $-\infty$  до  $\infty$  й має незмінні в часі параметри;

- у результаті окремі особливості сигналу (наприклад, розриви або піки) викликають незначну зміну частотного образу сигналу у всіх інтервалах частот від  $-\infty$  до  $\infty$ , які "розмазуються" по всій частотній осі, що робить їхнє виявлення по спектру практично неможливим;

- по складу вищих складових спектра практично неможливо оцінити місце розташування особливостей на часовій залежності сигналу і їхній характер.

Проблеми гармонійного аналізу сигналів, обмежених у часі й нестационарних сигналів, частково вирішуються переходом до короткочасного або віконного перетворення Фур'є (ОДПФ) [2,3]. Це перетворення було запропоновано в 1946–47 роках Жаном Вілем (Jean Ville) і, незалежно, Деннісом Габором (Dennis Gabor). Ідея віконного перетворення полягає в сегментуванні сигналу

на фрагменти (вікна), у межах яких його можна вважати стаціонарним (звичайний для математики підхід), із застосуванням дискретного перетворення Фур'є для цих фрагментів. У цьому випадку з метою зменшення впливу кінцевої довжини ділянок на якість одержуваних спектральних оцінок кожний фрагмент сигналу множиться на вісову (віконну) функцію  $w(t, \tau)$ , що повинна спадати до країв сегмента ( $\tau$  - параметр, що задає зміщення вікна на часовій осі). При цьому розмір стаціонарності сигналу необхідно знати апіорі.

Формула прямого ОДПФ при використанні вагової функції й вимірі частоти в Гц має вигляд:

$$XW_k(\tau, f) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_n w_n(\tau) e^{-i2\pi k f_1 n \Delta t} = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_n w_n(\tau) e^{-i2\pi k \frac{n}{N-1}}.$$

Віконне перетворення Фур'є не дозволяє міняти ширину вікна в процесі перетворення - віконна функція фіксована протягом усього перетворення.

На практиці віконна функція звичайно застосовується з перекриттям у часовій області з наступним усередненням результатів ОДПФ.

Множення сигналу на вагову функцію відповідає згортці спектрів сигналу й вагової функції. Це приводить до того, що піки, що є в спектрі сигналу, розширюються. Однак при цьому стає можливо зменшити рівень бічних пелюстків спектральної функції. Платою за це є розширення центрального пелюстка частотної характеристики.

Для проведення гармонійного аналізу сигналів за допомогою ОДПФ в електричних мережах у режимі реального часу розроблений алгоритм універсальної програми, орієнтованої на виявлення частот у заданому діапазоні й без твердої лімітації на кількість відрізків.

Лістинг такої програми для аналізу нестационарного сигналу, у якому в різні моменти часу послідовно присутні компоненти частотою 300, 200, 100 і 50 Гц, кожна тривалістю у чверть довжини реалізації, наведений нижче.

```
clc;clear;
f1=1;           % Частота 1-ї гармоніки f1
fmax=350;       % Максимальна частота спектру fmax
T=1/f1;         % Інтервал часу виміру сигналу T
f=[300 200 100 50];
Nfr=2;          % Завдання кількості непересічних фрагментів
Kz=1;dt=1/(Kz*2*fmax); % Крок дискретизації сигналу за часом
t=0:dt:T;       % Дискретизація сигналу за часом
Nd=length(t)    % Кількість дискретних відрізків
Nfri=(Nd-1)/Nfr % Кількість інтервалів дискретності в одному фрагменті
Ns=(Nd-1)/4;    % Кількість інтервалів дискретності в одній синусоїді
x1=sin(2*pi*f(1)*t(1:Ns+1)+pi/2);
x2=sin(2*pi*f(2)*t(Ns+2:2*Ns+1)+pi/2+t(Ns+1)*(f(1)-f(2)));
x3=sin(2*pi*f(3)*t(2*Ns+2:3*Ns+1)+t(2*Ns+1)*(f(2)-f(3)));
x4=sin(2*pi*f(4)*t(3*Ns+2:4*Ns+1)+t(3*Ns+1)*(f(3)-f(4)));
x=[x1 x2 x3 x4];Nss=length(x)
fd=Kz*2*fmax;   % Частота дискретизації сигналу
f=[0:f1:fd];    % Дискретизація зображення по частоті f
fn=[0:f1:Kz*fmax]; % Дискретизація зображення по частоті до частоти Найквіста
```

```

Nfn= length(fn)
M=zeros(Nfn,Nd);
% w=tukeywin(Nfri+1,0.6); % Дискретизація віконної функції Тьюкі
% w=rectwin(Nd); % Дискретизація прямокутної віконної функції
w=gausswin(Nfri+1,a); % Дискретизація віконної функції Гаусса
s=[1:Nfri/2:Nd];
n=[0:Nd-1]; % Формування шкали номерів дискретних відрахунків
for k=[1:2*Nfr-1] % Кількість вікон
    xwnul=zeros(size(x)); % Формування початкового масиву зваженого сигналу
    for k1=s(k):s(k+2)
        xwnul(k1)=x(k1)*w(k1-(k-1)*Nfri/2); % Зважування сигналу
    end
    for k2=0:Nd-1
        % Визначення k-ї гармоніки i-го вікна зображення XW k по ОДПФ
        XWNUL(k2+1)=sum(xwnul(n+1).*exp(-i*k*2*pi*n/Nd))/Nd;
    end
    % Визначення амплітуди k-ї гармоніки зображення XW k
    XWNULk=2*abs(XWNUL(1:Nfn));
    for k3=1:Nfn
        for k4=s(k):s(k+2)
            if (M(k3,k4)==0)
                M(k3,k4)=XWNULk(k3);
            else
                M(k3,k4)=(M(k3,k4)+XWNULk(k3))/2;
            end end end end
M=2*abs(M);
[Acx,Acf]=meshgrid(0:dt:T,0:f1:Kz*fmax);
% [Acf,Acx]=meshgrid(0:dt:T,0:f1:Kz*fmax);
% contour(Acf,Acx,M);grid on;
surf(Acx,Acf,M);grid on;
set(gcf,'color','white');
set(gca,'FontName','Times New Roman','FontSize',12);
title('Амплітуда гармонік зображення по ДПФ сигналу {\it x(t)}');
xlabel('\it t, c');ylabel('Частота гармоніки {\it f, Гц}');zlabel('\it A_k');
colormap(jet);shading interp;

```

Аналіз отриманих результатів показав, що шляхом підбору типу віконної функції й ширини вікна можна досягти хороше розв'язання за часом, але погане по частоті (рис.1а), або хороше розв'язання по частоті, але погане за часом (рис.1б).

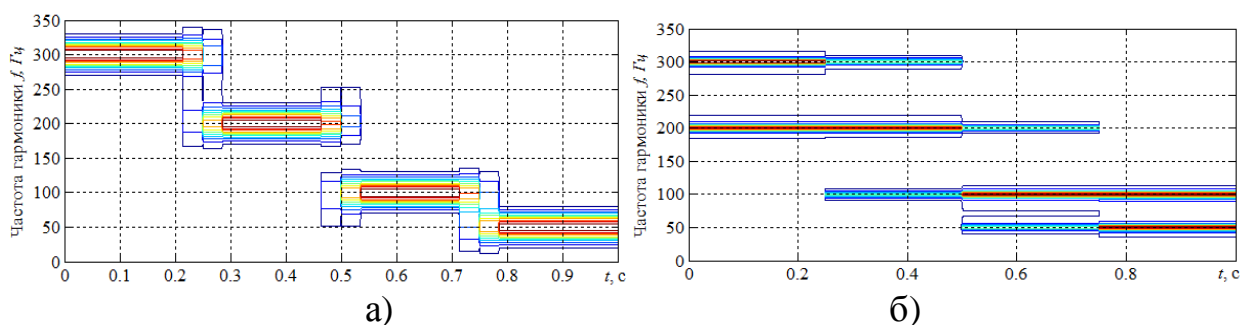


Рис. 1 - Порівняння здатності розв'язання ОДПФ по частоті й часу

У той же час, відповідно до ДЕРЖСТАНДАРТУ 13109-97 у системах електропостачання необхідно контролювати гармоніки в діапазоні 50-2000 Гц. Оскільки віконне перетворення оперує з вікнами, що мають однакову ширину, протиріччя розв'язання відповідно до принципу Гейзенберга для цього методу



нерозв'язно.

Тому доцільно провести дослідження можливості застосування для аналізу таких сигналів напрямку у гармонійному аналізі, що з'явився зовсім недавно - методів вейвлет-аналізу, які з самого початку орієнтовані на аналіз нестационарних процесів у частотно-часовому просторі [2,3].

Основна концепція побудови вейвлет-методів складається в поданні сигналу у вигляді сукупності зміщень і стисків деякої функції - вейвлета. Вейвлет-функція локалізована в часі й по частоті, що забезпечує вейвлет-перетворення властивістю виявляти локальні короточасні особливості сигналу. Саме за рахунок зміни масштабів вейвлети здатні виявити розходження в характеристиках на різних шкалах, а шляхом зміщення проаналізувати властивості сигналу в різних точках на всьому досліджуваному інтервалі.

При побудові алгоритмів діагностики й моніторингу стану нестационарних електротехнічних систем на базі даних методів, потрібне вивчення структурних властивостей сигналів, що характеризують поведінку об'єкта. Тому актуальною є реалізація завдань математичного моделювання таких об'єктів із застосуванням чисельних методів вейвлет-аналізу.

## Література

1. Висящев А.Н. Электромагнитная совместимость в электроэнергетических системах: Учеб. для вузов по направлению 650900 «Электроэнергетика». – Иркутск: Изд-во ИРГТУ, 2005. – 693 с.
2. Айфичер Э., Джервис, Барри У. Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е издание. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2004. – 992 с.
3. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов: Второе издание. М.: ООО «Бином-Пресс», 2006. - 656 с.

## ***ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НЕТАГОВИМИ СПОЖИВАЧАМИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ***

В.Г. Кузнецов, к.т.н., доц.; Т.І. Кирилюк, ас.

*Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту  
імені акад. В. А. Лазаряна*

Незважаючи на відносно низьку питому енергоємність залізничного транспорту(в порівнянні з іншими видами транспорту), потенціал економії експлуатаційних витрат за рахунок скорочення витрати палива та енергії в галузі сьогодні досить значний. Щорічно залізницями України споживається значна кількість дизпалива, електроенергії, газу, вугілля, мазуту топкового та інших видів паливно-енергетичних ресурсів. Близько 60 % з усіх видів енергоресурсів припадає на електроенергію. Тому зниження енергоємності перевізного процесу - актуальна задача. Для вирішення цієї задачі необхідна науково обґрунтована система контролю та аналізу витрати електроенергії на тягу потягів та для

живлення нетягових споживачів.

В доповіді автори розглянуті питання щодо підвищення ефективності використання електроенергії нетяговими споживачами. Основа вирішення цього питання – нормування питомих витрат. Авторами доповіді досліджено:

- ступінь впливу тонно-кілометрової роботи на витрату електричної енергії на тягу потягів і нетягові потреби;
- вплив різних факторів на обсяг електроспоживання структурних підрозділів залізничного транспорту із застосуванням методів кореляційного й регресійного аналізу;
- планування витрати електроенергії, з урахуванням впливаючих факторів.

Існують відмінності в організації ремонтно-експлуатаційної діяльності структурних підрозділів господарств різних залізниць, що викликані різним ступенем впровадження сучасних технічних систем та нестандартного встаткування. Це обумовлює необхідність удосконалення системи контролю та аналізу витрат електроенергії нетяговими споживачами залізничного транспорту. Спеціалістами кафедри електропостачання проводяться роботи з енергоаудиту на Львівській та Одеській залізницях з метою визначення фактичних норм витрат електроенергії та аналізу витрат електроенергії в елементах системи електропостачання.

### ***УВЕЛИЧЕНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ВЕЩЕСТВОМ В СВЧ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ***

С.В. Кукобмо , к.т.н., с.н.с. , Е.С. Рощупкин, к.т.н., с.н.с., Г.В. Рибалка, к.т.н.

*Харьковский университет Воздушных Сил, Научный центр Воздушных Сил*

В.А. Маслов

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

КПД СВЧ энергетических установок (СВЧЭУ) определяется отношением поглощенной веществом энергии к потребляемой установкой энергии и зависит от многих факторов, в том числе и от коэффициента отражения (КО). Для уменьшения КО могут быть использованы просветляющие слои диэлектриков без потерь с подобранными характеристиками. При обработке вещества в СВЧЭУ (сушке, например) его электрические характеристики могут меняться по мере испарения влаги, что требует изменения параметров диэлектрика просветляющего слоя и является, на практике, при эксплуатации установки довольно сложной задачей. В случаях, когда толщина слоя вещества и поглощаемая им энергия допускают значительную поглощаемую мощность, эффект просветления может быть достигнут установкой за обрабатываемым материалом плоского металлического экрана [1]. В известных публикациях вопросы выбора рабочей длины волны и положения отражающего экрана в зависимости от толщины и электрических параметров обрабатываемого материала для увеличения поглощения электромагнитного поля (ЭМП) веществом не рассматривались.

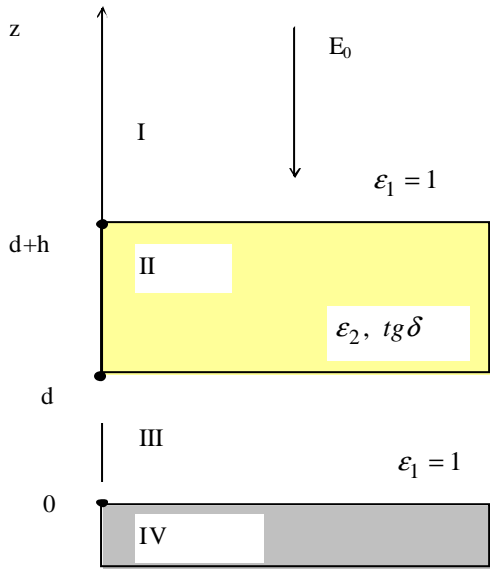


Рис. 1 - Геометрия задачи

Предположим, что на бесконечную пластину диэлектрика с потерями, толщиной  $h$ , помещенную в свободном пространстве на расстоянии  $d$  от идеального проводника, падает  $T$ -волна с амплитудой  $E_0$  (рис. 1). Необходимо найти распределение ЭМП вдоль оси  $z$ , при известном комплексном волновом числе  $\dot{k}_2$  (т.е. диэлектрическая проницаемость  $\epsilon_2$  и тангенс угла потерь  $tg\delta$ , определяющие полную диэлектрическую проницаемость обрабатываемого материала  $\epsilon_2 = \epsilon_2 \cdot (1 + j \cdot tg\delta) = (\epsilon_2' + j \cdot \epsilon_2'')$ ). Расчеты будем проводить для случая  $E$ -поляризации.

Для определения поля запишем уравнения Максвелла для сред I, II и III:

$$\begin{cases} E_1(z) = E_0 (\exp\{-jk_0 z\} + \dot{R} \cdot \exp\{jk_0 z\}), & z \geq d+h \\ \nabla^2 \dot{E}_2(z) + \dot{k}_2^2 \dot{E}_2(z) = 0, & d \leq z \leq d+h \\ \nabla^2 \dot{E}_3(z) + k_0^2 \dot{E}_3(z) = 0, & 0 \leq z \leq d \end{cases} \quad (1)$$

Для второго и третьего уравнений системы (1) решения будем искать в виде:  $\dot{E}_2(z) = \dot{A} \cos \dot{k}_2 z + \dot{B} \sin \dot{k}_2 z$ ,  $\dot{E}_3(z) = \dot{C} \cos \dot{k}_2 z + \dot{D} \sin \dot{k}_2 z$ . При  $z=0$  имеем  $\dot{C} \equiv 0$ . Для расчета коэффициентов  $\dot{A}, \dot{B}, \dot{D}$  и  $\dot{R}$  запишем уравнения для граничных условий на границах раздела сред I-II и II-III и первые производные от данных уравнений по  $z$ :

$$\begin{cases} \dot{A} \cos \dot{k}_2(d+h) + \dot{B} \sin \dot{k}_2(d+h) = E_0 (\exp\{-jk_0(d+h)\} + \dot{R} \cdot \exp\{jk_0(d+h)\}) \\ \dot{A} \cos \dot{k}_2 d + \dot{B} \sin \dot{k}_2 d = \dot{D} \sin k_0 d \\ \dot{B} \dot{k}_2 \cos \dot{k}_2(d+h) - \dot{A} \dot{k}_2 \sin \dot{k}_2(d+h) = jE_0 k_0 (\dot{R} \cdot \exp\{jk_0(d+h)\} - \exp\{-jk_0(d+h)\}) \\ - \dot{A} \dot{k}_2 \sin \dot{k}_2 d + \dot{B} \dot{k}_2 \cos \dot{k}_2 d = \dot{D} k_0 \cos k_0 d \end{cases} \quad (2)$$

Решив систему уравнений (2), получим:

$$\begin{aligned} \dot{A} &= \frac{2E_0(\xi \cos \dot{k}_2 d + \sin \dot{k}_2 d) \exp\{-jk_0 \psi\}}{(\xi - j\dot{\Theta}) \cos \dot{k}_2 h - (1 + j\dot{\Theta}\xi) \sin \dot{k}_2 h}, & \dot{B} &= \frac{2E_0(\xi \sin \dot{k}_2 d - \cos \dot{k}_2 d) \exp\{-jk_0 \psi\}}{(\xi - j\dot{\Theta}) \cos \dot{k}_2 h - (1 + j\dot{\Theta}\xi) \sin \dot{k}_2 h}, \\ \dot{D} &= \frac{2E_0 \xi \exp\{-jk_0 \psi\}}{(\xi - j\dot{\Theta}) \cos \dot{k}_2 h - (1 + j\dot{\Theta}\xi) \sin \dot{k}_2 h}, & \dot{R} &= \frac{(\xi + j\dot{\Theta}) \cos \dot{k}_2 h + (j\dot{\Theta}\xi - 1) \sin \dot{k}_2 h}{[(\xi - j\dot{\Theta}) \cos \dot{k}_2 h - (1 + j\dot{\Theta}\xi) \sin \dot{k}_2 h] \exp\{j2k_0 \psi\}}, \end{aligned}$$

где  $\dot{\Theta} = \dot{k}_2 / k_0$ ,  $\xi = -\dot{k}_2 \cdot tg k_0 d / k_0$ ,  $\psi = d + h$ .

Рассчитанная зависимость модуля КО от толщины слоя вещества (ячеи-

стый бетон с параметрами  $\varepsilon_2 = 3,6$  и  $\text{tg}\delta = 0,1$ ) и удаления отражающего экрана приведена на рис. 2. Сечения функции  $|\dot{R}(h,d)|$  плоскостями  $d = \text{const}$  и  $h = \text{const}$  приведены на рис. 3. Приведенные зависимости были подтверждены экспериментальными исследованиями [1].

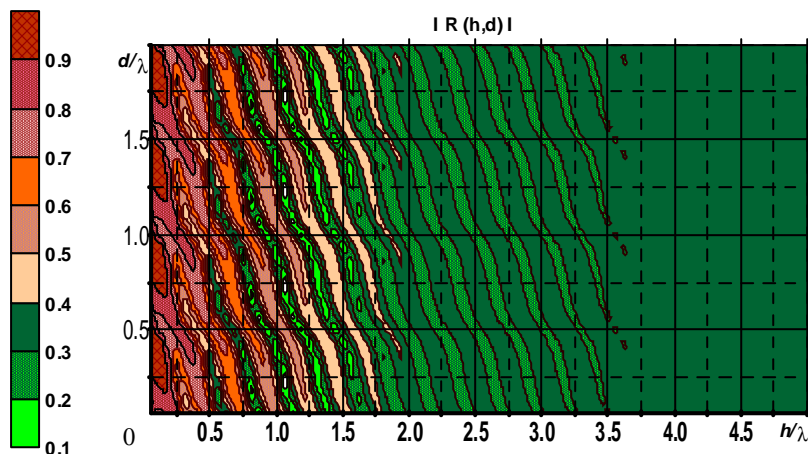


Рис. 2 - Зависимость модуля КО от толщины слоя вещества и удаления отражающего экрана

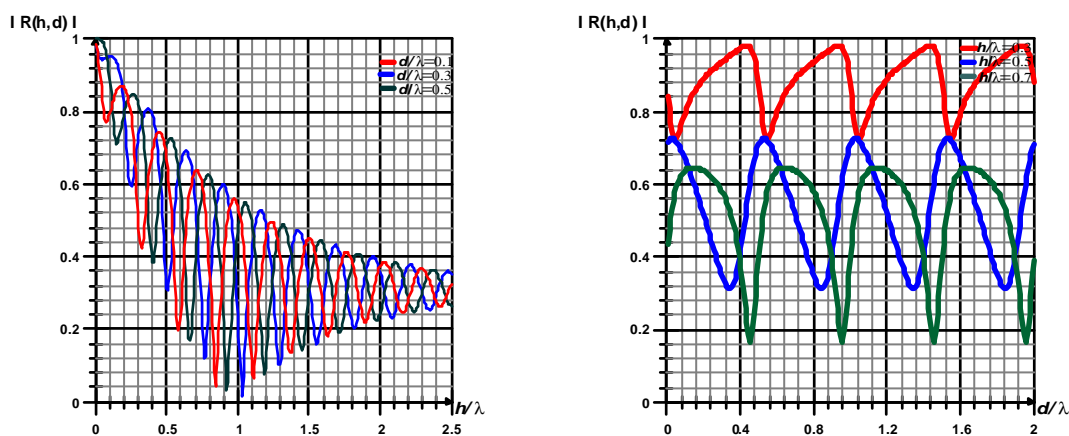


Рис. 3 - Сечения функции  $|\dot{R}(h,d)|$  плоскостями  $d = \text{const}$  и  $h = \text{const}$

Зависимость модуля КО от толщины материала и положения отражающего экрана носит периодический характер с периодом  $\lambda/2$ , при этом зависимость от толщины вещества носит резонансный характер с выраженным минимумом, а при возрастании  $h/\lambda$  стремится к постоянному значению (скорость схождения зависит от тангенса угла потерь).

Таким образом, имеется возможность повышения КПД СВЧЭУ за счет оптимального выбора рабочей длины волны  $\lambda$ , положения отражающего экрана  $d$  и толщины обрабатываемого материала  $h$  при известных его электрических параметрах. На практике, зачастую имеется возможность в широких пределах менять лишь положение отражающего экрана (толщина слоя вещества и рабочая длина волны СВЧЭУ могут меняться в достаточно небольших пределах). Опти-

мальные значения параметров могут быть предварительно рассчитаны путем минимизации функции

$$\left| \dot{R} \left( \frac{h}{\lambda}, \frac{d}{\lambda} \right) \right| = \left| \frac{(\xi + j\dot{\Theta}) \cos \dot{k}_2 h + (j\dot{\Theta} \xi - 1) \sin \dot{k}_2 h}{[(\xi - j\dot{\Theta}) \cos \dot{k}_2 h - (1 + j\dot{\Theta} \xi) \sin \dot{k}_2 h] \exp\{j2k_0(d+h)\}} \right| \Rightarrow \min, \quad (3)$$

где  $h/\lambda \in h_{\min}/\lambda_{\max} \dots h_{\max}/\lambda_{\min}$ ,  $d/\lambda \in 0 \dots 1$ . Выражения для определения значений  $(h/\lambda)_{opt}$  и  $(d/\lambda)_{opt}$ , минимизирующих (3), достаточно громоздки и здесь не приведены.

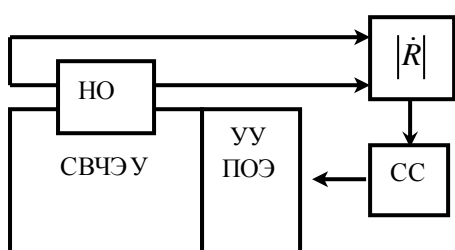


Рис. 4 - Схема АСВЧЭУ

В процессе сушки электрические характеристики материала могут меняться, что приводит к необходимости перестройки рабочей частоты и (или) изменения положения отражающего экрана. Упрощенная схема адаптивной СВЧЭУ с изменением положения экрана приведена на рис. 4. Она состоит из СВЧЭУ и блока управления положением экрана.

Принцип работы устройства состоит в следующем. Часть сигнала из СВЧЭУ через направленный ответвитель (НО) поступает на блок определения модуля КО (по прямому и отраженному ЭМП). Напряжение, пропорциональное значению  $|\dot{R}|$  поступает на схему сравнения (СС), где сравнивается с предварительно выставленным напряжением, которое соответствует оптимальному положению экрана ( $|\dot{R}| \Rightarrow \min$ ) в начале сушки. При несоответствии сравниваемых напряжений вырабатывается сигнал рассогласования, который поступает на устройство управления положением отражающего экрана (УУ ПОЭ). При формировании сигнала рассогласования используются значения сравниваемых напряжений, знак и значение их разности. Минимальное значение подаваемого на вход СС напряжения соответствует положению экрана, при котором значение модуля КО минимально. Значение этого напряжения в дальнейшем используется в СС.

## Литература

1. Маслов А.Ф., Рошупкин Е.С., Куликова С.М. К вопросу об уменьшении отражений электромагнитного поля от вещества в СВЧ энергетических установках // Труды Международной научной конференции "Излучение и рассеяние ЭМВ – ИРЭМВ-2005". – Таганрог: Таганрогский государственный радиотехнический университет, 2005 г. – С. 305-307.

## **ВПЛИВ ВЕЛИЧИН НАВАНТАЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ НА ТОЧНІСТЬ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ АСКОВЕ**

В.Ф. Рой, д.ф.-м.н., проф., С.А. Приведений,

*Харківська національна академія міського господарства*

В умовах скорочення споживання електроенергії промисловими підприємствами завантаження у вузлах деяких електромереж суттєво знизилось. Так, завантаження деяких силових трансформаторів інколи не перевищувало 10-15% від номінального значення, що призводить до виникнення суттєвої від'ємної похибки у системах автоматичного контролю та обліку електроенергії і, відповідно, до значних фінансових втрат енергопостачальних компаній.

Завданням даної роботи було проведення дослідження впливу навантаження електромережі на величину від'ємної похибки, що виникає в системах обліку споживання електроенергії та пошук математичної моделі, що дозволяла б визначати та враховувати величину даної похибки у всьому діапазоні навантаження електромережі. Першоджерелом від'ємної похибки, що виникає в системах обліку електроенергії, як показує проведений аналіз, є, насамперед, первинні датчики струму та напруги, в якості яких використовують трансформатори струму та напруги. Тому об'єктом дослідження були саме ці елементи системи обліку.

Причиною виникнення від'ємної похибки вимірювання струму є нелінійна залежність величини вторинного струму від первинного струму навантаження у всьому діапазоні роботи трансформатора. Внаслідок цього виникає так звана струмова похибка, яка вимірюється у відсотках відносно номінального струму. Одночасно, завдяки виникненню фазового зсуву між векторами первинного струму та вторинного, виникає кутова похибка, яка також надає свій внесок в сумарну похибку датчика струму і вимірюється в градусах та мінутах.

Дослідження величини даних похибок проводилось у трансформаторів струму найбільш розповсюджених типів: ТПОЛ10-600/5, ТЛШ10-2000/5 та ТПШФД-10-3000/5 в діапазоні навантажень по первинному струму 5 – 100% номінального значення. На основі проведених досліджень з'ясувалось, що для діапазону 1 – 10% від номінального струму навантаження трансформатора алгоритм визначення величини від'ємної похибки має вигляд:

$$\Delta f[\%] = 0,8428 \cdot \ln I_1 - 1,9617,$$

тут  $I_1$  - первинний струм трансформатора.

Відповідно, для діапазону вимірювань 10 – 100% навантаження трансформатора величина похибки може бути визначена згідно виразу:

$$\Delta f[\%] = 0,0841 \cdot \ln I_1 - 0,3919$$

Приклад результатів розрахунку струмової та кутової похибки для трансформатора ТПОЛ10- 600/5 наведено на рисунку. Аналогічні залежності були отримані і для інших типів трансформаторів струму.

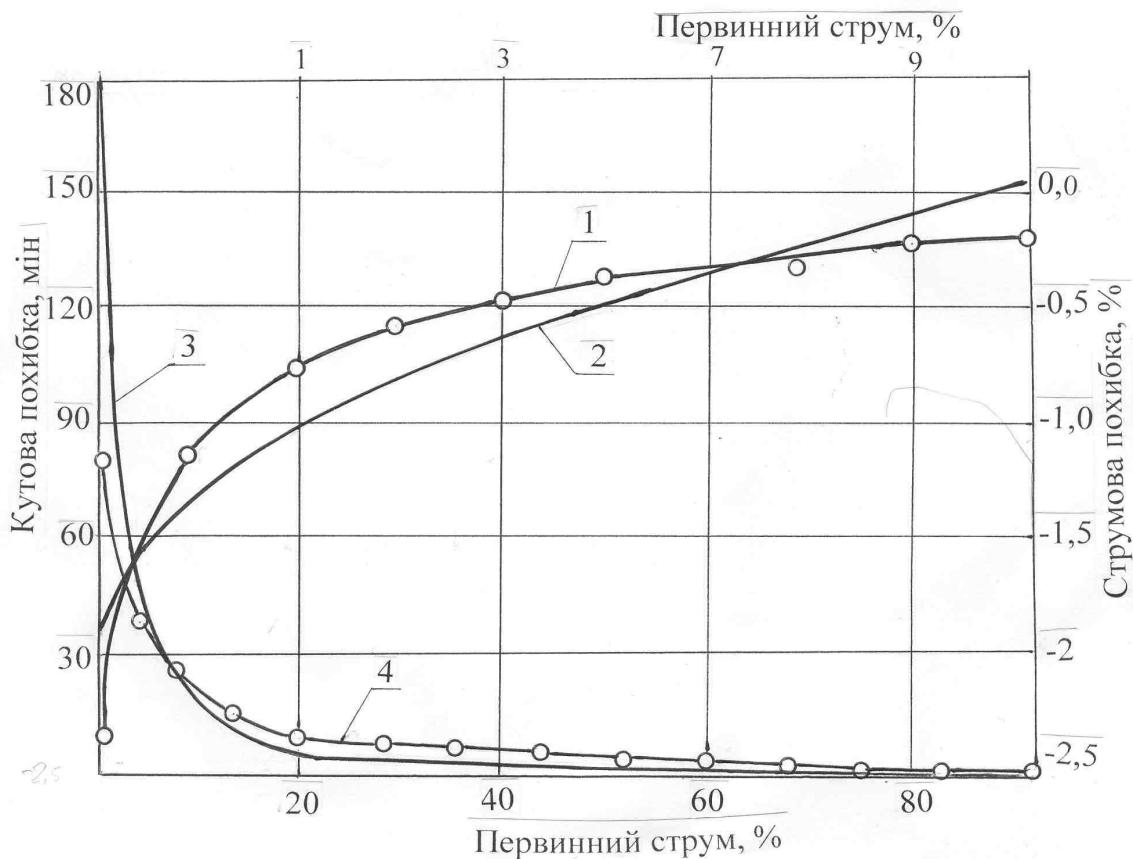


Рис.1 - Результати розрахунку струмової (1,2) та кутової (3,4) похибки трансформатора струму ТПОЛ10-600/5. (1,4 – розрахункові криві, 2,3 – апроксимовані криві).

З графіка витікає, що кутова похибка, на відміну від струмової, навіть при низьких навантаженнях трансформатора досить незначна і нею можна знехтувати. В результаті проведених досліджень з'ясувалось, що в діапазоні виміру первинного струму навантаження 1 – 25% струмова похибка дійсно має від'ємний знак, а із збільшенням первинного струму навантаження величина струмової похибки зменшується. Таким чином, кількість електроенергії, що відпускається споживачам, завдяки існуванню від'ємної струмової похибки в деяких режимах навантаження електромережі, виявляється заниженою по відношенню до дійсної. Тому запропонована методика врахування струмової похибки трансформатора струму в автоматичних системах обліку електроенергії дає змогу об'єктивно оцінювати об'єм електроенергії, яка відпускається споживачам, дозволить зменшити величину небалансу електроенергії по підстанціям і отримати від цього значний економічний ефект.

## **АНАЛІЗ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ МЕРЕЖІ В НЕОДНОРІДНОМУ КООРДИНАТНОМУ БАЗИСІ**

В.Г. Ягуп, д.т.н., проф.

*Харківська національна академія міського господарства*

К.В. Ягуп, к.т.н.

*Українська державна академія залізничного транспорту*

Зазвичай аналіз сталих електроенергетичних мереж (ЕЕС) здійснюється на основі лінеаризації системи і залученні матричних методів з орієнтацією на вживання засобів цифрової обчислювальної техніки. При цьому основна увага приділяється формуванню рівнянь режиму ЕЕС за допомогою методів контурних струмів або вузлової напруги. У цих рівняннях як шукані невідомі виступають або струми незалежних контурів, або напруга вузлів відносно заземленого, таких, що також дають систему незалежних змінних. Такі рівняння записуються в так званому однорідному базисі, коли розмірність всіх шуканих невідомих збігається. Це вимушує удаватися до еквівалентних перетворень джерел до однорідного базису з метою здобуття еквівалентної розрахункової схеми ЕЕС в раціональній формі, що полегшує формування рівнянь.

Метод змінних стану (ЗС) передбачає формування системи рівнянь в неоднорідному координатному базисі без проведення будь-яких еквівалентних перетворень джерел електричної енергії в аналізованій системі. Приведена методика вирішення рівнянь по методу ЗС добре відпрацьована і втілена в реальні програмні продукти у вигляді підпрограм, що добре відтестовані.

В даній роботі була розроблена методики аналізу сталого режиму ЕЕС за допомогою рівнянь, складених по методу ЗС, а також аналіз можливих проблем, пов'язаних з формуванням цих рівнянь і їх рішенням.

Була розглянута трифазна схема, в якій кожна фаза має активно-індуктивне навантаження. У якості потужностей, що генерують енергію, схеми виступають два джерела струму та одне джерело напруги. Схема має один балансує вузол.

Приведена методика полягає у формуванні рівнянь стану. Для цього спочатку було необхідним скласти орієнтований граф електричної системи, на основі якого можна вибрати дерево, під яким розуміється зв'язана сукупність ребер орієнтованого графа, що містить в собі всі вузли і не утворює жодного контуру. При формуванні дерева електричної системи слід дотримуватися ієрархії включення ребер в дерево в послідовності Е-С-Р-Л-І залежно від типу кожного ребра. У фундаментальному дереві містяться всі джерела напруги і конденсатори, а всі індуктивності і джерела струму, що не входять в дерево, належать до зв'язків. В даному випадку фундаментальне дерево приведенного графу сформувати неможливо, тому довелося задовольнитися так званим нормальним деревом. Останнє повинне містити максимальну кількість джерел напруги і конденсаторів і мінімальну кількість джерел струму і індуктивностей.



На основі дерева була складена матриця «контур – гілка», в якій строчки відповідають зв'язкам, а стовпці – гілкам. Кожна строчка цієї матриці відображає структуру особливих контурів, кожен з яких утворюється відповідним зв'язком, коли він приєднується до дерева. Матриця «контур-вітка» дає можливість скласти топологічні рівняння схеми, а саме рівняння, що відповідають I і II законам Кірхгофа.

Доповнивши топологічні рівняння компонентними, що описують поведінку кожного елемента, взятого окремо від схеми, була утворена повна система рівнянь.

В результаті математичних перетворень по методу змінних стану було одержано три диференціальних рівняння представлених у формі задачі Коші. Оскільки в розрахунковій схемі містяться топологічні виродження, то отримана система рівнянь містить в правих частинах похідні від джерел електричної енергії, а похідні залежних змінних стану виражаються через похідні незалежних змінних стану.

Для проведення розрахунків усталеного режиму, система диференціальних рівнянь була перетворена до алгебраїчної форми шляхом заміни  $\frac{d}{dt}$  на  $j\omega$ . Розглянута система рівнянь була розв'язана в пакеті MATCAD за допомогою оператора Given-Find, в якому записані рівняння стану в комплексній формі з урахуванням заміни диференціювання множенням на  $j\omega$ .

Результати рішення збігаються з отриманими результатами, що були визначені за допомогою традиційного методу вузлових напруг після проведення ряду вказаних перетворень електричної системи.

Застосування методу змінних стану відкриває широкі можливості для використання розв'язання задач аналізу електричних мереж. Як показано в процесі аналізу представленим методом, властивості надмірності змінних стану, що виявляються в електричних мережах, досить легко долаються, що дозволяє уникнути громіздких розрахунків та еквівалентних перетворень електричних схем.

## ***ВЛИЯНИЕ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ***

С.В. Ольховиков, к.т.н., С.В. Герасимов, к.т.н., с.н.с.

*Харьковский университет Воздушных Сил*

В процессе эксплуатации характеристики средств контроля (СК) подвергаются различным изменениям. Эти изменения носят случайный характер и приводят к отказам, то есть к невозможности СК выполнять свои функции.

Постепенное изменение погрешности СК позволяет ввести несколько работоспособных состояний с разными уровнями эффективности функционирования, обусловленных степенью приближения погрешности СК до допустимых граничных значений. Это в свою очередь, приводит к невозможности оп-

ределения достоверных параметров эксплуатации СК. Такая проблема особенно актуальна для СК, которые эксплуатируются в составе сложных энергетических объектов (СЭО), таких, например, как АЭС, ГЭС и др. Неверные показания СК могут привести к неправильным выводам, что может послужить появлению аварийной ситуации на СЭО.

В докладе показано решение актуальной задачи, связанной с исследованием закона распределения нестабильности характеристик СК СЭО. Определение основных характеристик закона распределения нестабильности характеристик СК позволяет повысить эффективность эксплуатации СЭО за счет своевременного обнаружения неисправных СК и прогнозирования их реального технического состояния.

Исследование влияния интенсивности дрейфа характеристик СК, вида закона распределения нестабильности характеристик СК в процессе контроля параметров работы СЭО позволило определить математическую зависимость эффективности эксплуатации СЭО от нестабильности характеристик СК. Таким образом, зная закон изменения нестабильности характеристик СК СЭО, можно довольно точно определить время проведения контроля технического состояния СК с целью своевременного определения его исправности или неисправности и, при необходимости, проведения регулировки, ремонта или замены. Это позволяет повысить достоверность контроля параметров работы СЭО, повысить эффективность их работы и безопасность объекта.

Таким образом, проведены исследования нестабильности характеристик СК СЭО, получена зависимость плотности распределения нестабильности характеристик СК от времени. Сделаны предложения по использованию полученной зависимости при статистической обработке результатов испытаний на нестабильность СК.

## ***СНИЖЕНИЕ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА НУЖДЫ УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ***

А.А. Виноградов, к.т.н., Ю.Н. Моисеенко

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

Уличное освещение является неотъемлемой частью городского и сельского коммунального хозяйства, без которой не возможна нормальная работа города и села в ночное и вечернее время.

Так как освещение требуется и в огромных городах с колоссальной удельной нагрузкой осветительной системы и в отдаленных сёлах, где количество жителей и образ хозяйствования не требует сложных осветительных систем, структура систем освещения в целом отличается неоднородностью.

В свете перехода ценообразования в энергетике на рыночные принципы особо остро становится проблема минимизации потерь в осветительных системах и рационализация этих систем. Таким образом, к рассмотрению этого во-

проса нельзя подходить однобоко.

Городские системы уличного освещения представляют собой мощную систему, потребляющую огромное количество электроэнергии [1]. Из-за обширности площадей освещения и разнообразия видов осветительной нагрузки структура системы уличного освещения очень сложна. Такие системы требуют автоматизации режимов работы световой нагрузки и выдерживания строго расписания по временам года, так как время работы этой системы, как и во многих других случаях, это деньги и деньги не малые. Ко всему прочему все эти показатели должны быть обеспечены высокой надёжностью системы управления освещением.

Среди действующих автоматических систем большую долю имеют системы с использованием фотоэлементов [2]. В настоящее время в силу вступают новые системы управления уличным освещением, управляемые по каналам связи из диспетчерского пункта, и имеющие возможность пофазного и пофидерного управления уличным освещением с возможностью задания расписания и мониторинга состояния работы осветительной сети и параметров потребления электроэнергии и потребляемой мощности по каналам связи (рис.1).

Одной из автоматизированных систем управления уличным освещением является, разработанная Белгородским Институтом высоких технологий система «Гелиос».

Автоматизированная система управления уличным освещением «Гелиос» значительно повышает эффективность работы системы уличного освещения, снижает себестоимость работ и услуг по его обслуживанию. Эффективность достигается за счёт:

- Возможности удалённого управления и мониторинга состояния систем освещения по каналам Интернет;
- Использования в качестве канала связи с объектами управления сотовой связи стандарта GSM (возможно использование проводной связи или радиоканала заданной частоты);
- Безопасности управления системой и контроля доступа;
- Обеспечения автоматического включения и выключения уличного освещения в соответствии с заданным годовым сезонным графиком;
- Оперативного регулирования на возникающие неполадки.

Система «Гелиос» обладает всеми необходимыми качествами и содержит в себе исчерпывающий набор функций по управлению сетями наружного освещения. Архитектура системы построена по самым передовым принципам.

Система «Гелиос» позволяет организовать автоматизированное централизованное управление уличным освещением, осуществляя учет электроэнергии, диагностику оборудования, контролируя состояние сетей уличного освещения, и позволяет добиться экономического эффекта при эксплуатации сетей уличного освещения.

Система организуется на двух уровнях: верхнем (интерфейс пользователя) и нижнем (шкафы управления уличным освещением).

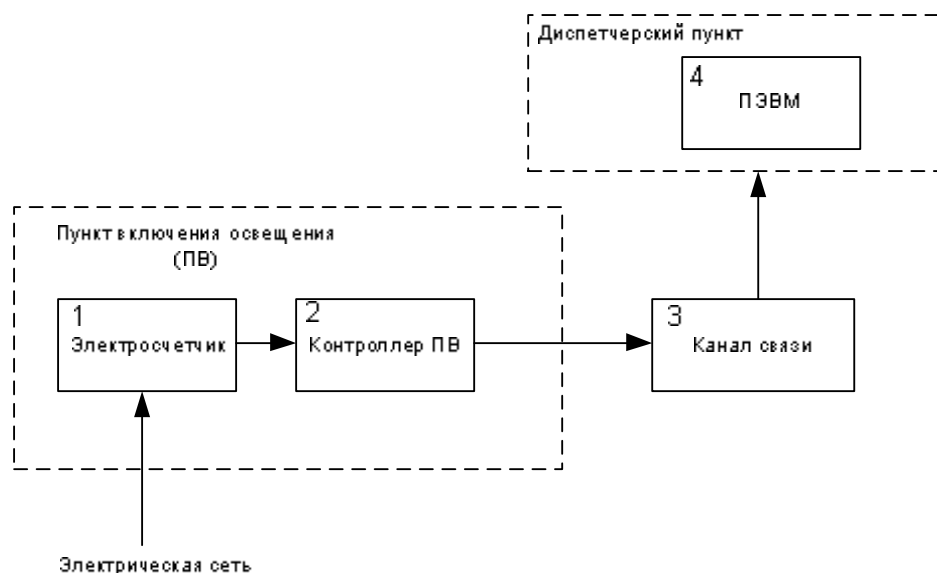


Рис. 1 - Подсистема учета потребления электроэнергии

Шкаф управления уличным освещением – это устройство, предназначенное для:

- автоматического включения и отключения цепей уличного освещения по заранее заданному графику;
- ручного или дистанционного (из диспетчерского пункта) управления осветительными сетями и установками производственных зданий, сооружений, территории любых объектов с любыми источниками света (лампами накаливания, ДРЛ, ДРИ, ДНаТ, люминесцентные и др.);
- автоматического сбора, обработке и хранения информации относительно электроэнергии и мощности;
- автоматического сбора и обработки информации по диагностике состояния и функционирования собственно щита управления уличным освещением (сигнализация повышения температуры и факт открытия двери щита управления уличным освещением для сообщения в диспетчерскую службу);
- обеспечения интерфейсов доступа со стороны автоматизированной системы к электросчетчикам;
- обеспечение интерфейсов доступа к щиту управления уличным освещением, с целью передачи измеренных и вычисленных параметров, со стороны информационно-вычислительного комплекса.

Шкаф управления уличным освещением предназначен для приёма, распределения и учета электрической энергии напряжением 380/220В трёхфазного переменного тока частотой 50 Гц в сетях с глухо-заземлённой нейтралью, а также для защиты линий при перегрузках и коротких замыканиях.

Шкафы управления уличным освещением могут быть: трёхфазные 160/250А, трёхфазные 100А, однофазные 25А.

Управление наружным освещением осуществляется от микроконтроллера по дистанционно задаваемому графику. Применение такой системы позволяет настроить включение и отключение освещения по реальному времени суток.

Автоматизированная система управления уличным освещением «Гелиос» существенно снижает затраты на обслуживание систем уличного освещения. Она предоставляет диспетчеру исчерпывающую информацию о состоянии коммутационной аппаратуры, потреблённой электрической энергии, о подключенной к каждому отдельному шкафу нагрузке.

В зависимости от местности, типа и размера населённого пункта схема систем уличного освещения разнится. Общая мощность и характер освещения имеют большое значение, поэтому необходимо подходить персонально к каждому конкретному объекту.

Для освещения улиц в областном центре, из-за их протяженности и насыщенности осветительной аппаратурой целесообразнее использовать трехфазные шкафы управления уличным освещением с номинальным током 160/250А или 100А, в зависимости от конфигурации сети. Пофазное задание расписания, соответственно распределенной пофазно осветительной нагрузки поможет задавать режимы работы освещения (вечерний, ночной). К сожалению, существенным недостатком такого регулирования является возможное нарушение симметрии системы трёхфазного тока. Этот факт является главным недостатком пофазного регулирования. Для обеспечения безопасного режима переключения необходимо обеспечить возможность пофидерного переключения и равномерного распределения осветительной нагрузки по его фазам. Так как протяженность линии освещения может быть большой, а нагрузка довольно большой, выключение одной или двух фаз может привести к серьёзному ухудшению качества электроэнергии.

На улицах районных центров и поселков области там, где необходимо переключение освещения по режимам, так же в зависимости от конфигурации сети, целесообразно использование трёхфазных шкафов соответствующего нагрузки номинала.

На объектах с малой нагрузкой осветительной сети и не требующих переключения режима освещения целесообразно использование однофазных шкафов номиналом 25 А.

В сёлах или других населенных пунктах, где не требуется постоянного немедленного оперирования уличным освещением целесообразней использовать управление уличным освещением на базе фотореле или таймеров для уличного освещения[3].

Рациональное потребление электроэнергии невозможно без использования ламп с высокой удельной светоотдачей. Для этих целей подходят лампы ДРЛ, ДНаТ, ДРИ. Эти лампы обладают большой удельной светоотдачей, большим сроком службы (до 10000 часов). Они компактны, не критичны к условиям внешней среды. А при использовании улучшенных светильников можно добиться снижения потребления электрической энергии на 20%. Эти лампы, а так же, используемые для их эксплуатации, светильники и пусковая аппаратура имеют относительно не большую стоимость.

В последнее время стали проявляться тенденции по внедрению светодиодных светильников для уличного освещения. Эти светильники отличаются высокой светоотдачей высокой надежностью и сроком службы (до 100000 часов).

При сравнении технических характеристик энергосберегающих светодиодных светильников с ламповыми светильниками очевидно следующее: срок службы светоизлучающего элемента в десять раз длиннее чем ламп, срок службы светильника двадцать пять лет (на много больше чем у ламповых), потребление электроэнергии у светодиодного элемента меньше в 4-5 раз, светодиодные светильники почти не требуют за собой ухода, одним существенным недостатком является высокая стоимость (в пять-десять раз, в зависимости от модели) [4].

При таких показателях каждый из светильников окупится приблизительно за семь лет, а так как ресурс работы светильника до двадцати пяти, а светоизлучающего элемента более одиннадцати лет, использовать их экономически целесообразно.

Но при изначально высокой цене светодиодного светильника, эти светильники имеют очень короткий срок окупаемости. Это связано, в первую очередь, с низким электропотреблением и долгим сроком службы энергосберегающего светодиодного светильника. Также светильники этого типа имеют ряд других преимуществ, в сравнении с обычными ламповыми светильниками, такие как устойчивость к перепадам напряжения и температуры, хорошая защита от попадания в светильник грязи или воды, небольшой вес, отсутствие затрат на обслуживание в течение всего срока службы и другие.

Таким образом, я предлагаю постепенное внедрение автоматических систем управления уличным освещением и энергосберегающих светильников на территории Белгородской области по мере замены уже изношенного оборудования. Это позволит вести контроль над потреблением электроэнергии на нужды уличного освещения и существенно его снизить, отслеживать самовольное подключение к осветительной сети и управлять режимами работы осветительных сетей.

## **Литература**

1. ГОСТ 13109-97. «Показатели качества электрической энергии в электрических сетях общего назначения».
2. Справочная книга по светотехнике. М., Энергоатомиздат, 1995.- 526с.
3. Макаров Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ и 110-1150 кВ / Под редакцией И.Т. Горюнова, А.А. Любимова - М.: Папирус Про, 2003. - 630с.
4. Давиденко Ю.Н. 500 схем для радиолюбителей. Современная схемотехника в освещении. Эффективное электропитание люминисцентных, галогенных ламп, светодиодов, элементов «Умного дома». - СПб.: Наука и Техника, 2008.-320с.

## ***ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ КОЛЕКТОРНО-ЩІТКОВОГО ВУЗЛА МАШИН ПОСТІЙНОГО СТРУМУ***

Ю.О. Ясинський, к.т.н.

*Українська інженерно-педагогічна академія*

Щітковий апарат під час тривалої роботи характеризується зносними

відмовами за рахунок поступового зношування щіток. Межа цього зношування обмежується величиною припустимого мінімального значення їхньої висоти, нижче якого настає відмова в роботі машини через вихід з ладу щіток.

Електрощітка є невідновлюваним елементом конструкції щіткового апарата. Її надійність  $P_{щ}(t)$  оцінюється ймовірністю безвідмовної роботи за час  $t$ , протягом якого відбувається її зношування до граничної припустимої мінімальної висоти. У зв'язку із цим відмова електрощітки настає у випадку, коли:

$$h_t \leq h_{np}, \quad (1)$$

де  $h_t$  – значення висоти щітки, що проробила час  $t$ , мм;  $h_{np}$  – припустиме мінімальне значення висоти щітки (за межами якої настає відмова), мм.

Отже, безвідмовна робота електрощітки буде за умови:

$$h_t > h_{np}. \quad (2)$$

Зноси електрощіток різних марок залежать від величини окружної швидкості обертання колектора, тиску щіток на колектор, ряду виробничих факторів і умов експлуатації. Вони є випадковими подіями, тому й швидкість зношування щітки  $v_{щ}$  є, випадковою величиною.

Час безвідмовної роботи електрощітки становить:

$$t = \frac{h - h_{np}}{\sigma_{щ}}, \text{с} \quad (3)$$

де  $h$  – висота електрощітки перед випробуванням, мм;  $v_{щ}$  – швидкість зношування, мм/г.

Як показує досвід експлуатації електрощіток на різних електричних машинах, розподіл їхніх швидкостей зносу наближається до нормального розподілу. Тоді вірогідність безвідмовної роботи електрощіток в інтервалі часу  $t$  можна представити у вигляді:

$$P_{щ}(t) = 1 - Q_{щ}(t), \quad (4)$$

де імовірність відмови щіток у цьому інтервалі в припущенні нормального розподілу відмов:

$$Q_{щ}(t) = \frac{1}{2} + \frac{1}{v_{щ} \sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{(t-\bar{T})^2}{2v_{щ}^2}} dt, \quad (5)$$

при цьому середнє статистичне значення часу відмов електрощіток буде:

$$\bar{T} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i, \quad (6)$$

і середнє квадратичне відхилення їхнього часу:

$$v_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{T})^2}, \quad (7)$$

де  $t_i$  – частка часу відмови електрощітки.

Розглянута методика оцінки надійності електрощіток заснована на використанні статистичних дані випробування на надійність вибірки електрощіток обсягом  $n$ .

Комплект електрощіток у машині можна розглядати як вибірку обсягу  $N$  з великої генеральної сукупності, що характеризується кривою надійності  $P_{\text{щ}}(t)$ . Для деякого обраного моменту часу  $t$  по вихідній кривій надійності визначаємо імовірність безвідмовної роботи щіток  $P_{\text{щ}}(t_i)$  і, отже, імовірність їхньої відмови:

$$Q_{\text{щ}}(t_i) = 1 - P_{\text{щ}}(t_i). \quad (8)$$

Якщо припустимо число відмов щіток у комплекті дорівнює  $n_1$ , то ймовірність події, що при  $N$  випробуваннях зустрінеться не більше  $n_1$  відмов, по теорії імовірності буде:

$$P_N(n_1) = \sum_{K=0}^{n_1} C_N^K [Q_{\text{щ}}(t_i)]^K [P_{\text{щ}}(t_i)]^{N-K}, \quad (9)$$

де число сполучень із  $N$  по  $K$  дорівнює:

$$C_N^K = \frac{N(N-1)(N-2)\dots(N-K+1)}{K}.$$

Величина  $P_N(n_1)$  є сумарна імовірність появи при випробуваннях 0, 1, 2, ...,  $n_1$  відмов, що за умовою допустимості  $n_1$  відмов буде відповідати імовірності безвідмовної роботи щіткового апарата. Останню на підставі сказаного можна представити у вигляді:

$$P_{\text{щ}}(t) = \sum_{K=0}^{n_1} C_N^K [Q_{\text{щ}}(t)]^K [P_{\text{щ}}(t)]^{N-K}. \quad (10)$$

Імовірність того, що при випробуваннях зустрінеться більш ніж  $n_1$  відмов щіток, являє собою імовірність відмови щіткового апарата. Наприклад, при наявності в машині двох щіток ( $N = 2$ ,  $n_1 = 0$ ) рівняння (10) приймає вигляд:



$$P_{\text{ша}}(t) = C_2^0 [Q_{\text{ш}}(t)]^2 [P_{\text{ш}}(t)]^{2-0} = [P_{\text{ш}}(t)]^2. \quad (11)$$

Отже, розрахунок імовірності безвідмовної роботи щіткового, апарата  $P_{\text{ш.а}}(t)$  зводиться до використання рівняння (10) для фіксованих моментів часу  $t_i$ .

## **СТВОРЕННЯ НЕТРАДИЦІЙНИХ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПАЛИВ**

О.В. Жемеренко

*Харківська національна академія міського господарства*

В останні роки у світовій енергетичній системі, й особливо в Україні, усе виразніше спостерігається паливно-енергетична криза.

При існуючому паливно-енергетичному балансі й стані енергозбереження ріст, що намітився, обсягів виробництва продукції промисловими споживачами обумовить необхідність збільшення вироблення енергії, а значить і збільшення витрати палива. При планованому щорічному росту потреби в електричній енергії на 2,5 % і теплової енергії на 2 %, з обліком існуючого технічного стану енергосистеми, в 2010р. буде потрібно збільшити обсяг палива, що спалює для одержання електроенергії, в умовному вирахованні на 16 %, або на 2,5 % щорічно.

Метою пропонованих досліджень є одержання паливних сумішей, які дозволять із мінімальними капітальними витратами перевести всі ТЕС, ТЭЦ, котельні, що працюють на газі, на нетрадиційні види палива на основі мазуту, вугілля, води, тобто створення композиційних палив: у до-мазутних емульсійних палив (ВМЭТ) або водо-угольно-мазутно-суспензійних палив (ВУМСТ). Можливі варіанти з додаванням інших добавок. На першому етапі було вирішене завдання одержання й використання на ТЭЦ ВМЭТ.

Особливої уваги, на наш погляд, заслуговує сама технологія готування водо-мазутних емульсій (ВМЭ), розроблена для енергетики. Вона не тільки інтенсифікує процес спалювання, але вирішує проблему економії рідкого палива, а також екологічні аспекти: утилізацію забруднених нафтопродуктами стічних вод і зниження шкідливих газоподібних викидів ТЕС і ТЭЦ. Зупинимося на цій проблемі докладніше.

Проблема використання важких сірчистих мазутів з високим змістом води коштує досить гостро. Майже 50 років енергетична наука веде дискусію про шляхи використання на ТЕС рідкого палива, розділивши дослідження на два кардинально розрізняються напрямку. Перше пов'язане зі зневоднюванням і знесоленням мазуту різними способами. Другий напрямок досліджень, виконане при участі ведучих учених МЭИ, ИГИ РАН й інших академічних інститутів, обґрунтовує можливість і переваги спалювання обводненого мазуту за умови його попередньої підготовки - перекладу в емульгированное стан.

Відмітною рисою будь-якого рідкого палива є неоднорідність його скла-

ду, причому присутність води збільшує цю неоднорідність. Гомогенізація продукту, досягнення рівномірного розподілу домішок у ньому є необхідною умовою нормального плину всіх стадій технологічного процесу, починаючи від розгойдування цистерн і кінчаючи подачею палива у форсунку пальника. Процес горіння негомогенизованого палива також характеризується нестійкістю й широкими коливаннями по складу продуктів, що утворюються, згорання, причому зрушеними в область так названого недожога, тобто недоокислених органічних залишків і токсичних з'єднань.

Головним спостереженням при вивченні механізму горіння рідкого палива є кардинальне розходження при горінні «сухих» крапель у повітряному середовищі, що не містить  $H_2O$ , і краплі водно-мазутної емульсії (ВМЭ). При змісті в мазуті  $> 15\%$   $H_2O$  характер горіння був вибуховим з розльотом осколків у різних напрямках, причому стадії вибуху, що дуже важливо, передувало інтенсивне бурхливе скипання крапель із багаторазовим збільшенням обсягу. В основі спостережуваних вибухових процесів лежить паротворення низьокипящої рідини  $-H_2O$  усередині часток мазуту за рахунок різниці температур, що досягає  $70-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  між температурою поверхні часток і температурою кипіння  $H_2O$ . Вибуховий характер горіння є чинником додаткового перемішування пар палива з киснем повітря, що сприяє як прискоренню процесу горіння, так і зменшенню коефіцієнта надлишку повітря (1,05 - 1,07). І все-таки головне досягнення, на нашу думку, подібній до організації процесу горіння - це висока повнота протікання окислювально-відновних реакцій (ОВР) і, отже, висока повнота згорання палива й зменшення екологічної небезпеки продуктів згорання.

Автори досліджень думають, що пари впливають на стадію догорання сажистих залишків. Дане твердження спірно, однак загальний позитивний результат емульгированного палива складається в: зменшенні часу горіння; поліпшенні загальної повноти згорання; збереженні стійкості процесу горіння емульсії; високої інтенсивності процесу горіння; зменшенні відкладень сажі на робочих поверхнях котлоагрегату. Це безперечно і є переконливим свідченням на користь застосування на ТЕС емульгированного рідкого палива зі змістом 10 - 20 % води.

Зі спостережень за горінням емульсійного палива треба також висновок про те, що чим тонше досягнутий рівень емульгування, чим дрібніше краплі води в мазуті, тим більше гомогенної й стійкої в часі є топливноводная суміш, тим вище стійкість й інтенсивність процесу горіння й дрібніше розлетаєміе при вибуховому характері горіння осколки. Варто очікувати збільшення екологічної безпеки процесу горіння за рахунок зниження змісту токсичних недоокислених органічних залишків у продуктах згорання. Ці теоретичні передумови були підтверджені експериментально.

Були розроблені різні технологічні схеми з використанням спеціально розробленого роторно-пульсационного акустичного апарату (РПАА): готування емульсії при зливі із залізничних цистерн, при зберіганні й безпосередньо при подачі палива на форсунки котлоагрегату. Всі вони виявилися працездатними і можуть застосовуватися на ТЕС залежно від конкретних умов роботи підприємства. При спалюванні ВМЭ в співвідношенні мазут - 80 %, вода 20 % - були досягнуті наступні результати:

- зниження димности;
- зниження змісту NO в 1,5 - 2 рази;
- істотне зменшення змісту інших шкідливих домішок;
- зниження вартості палива за рахунок його економії;
- зникає проблема замазучених вод, оскільки саме цю воду емульгують у першу чергу, а приготовлена ВМЭ не розшаровується в процесі зберігання в ємностях;
- збільшується надійність теплоподачи, оскільки відсутні водяні пробки в мазутопроводах.

На другому етапі досліджень було поставлене завдання одержати ВУМСТ й оцінити дану композицію з погляду можливого використання її на існуючих енергетичних станціях.

Із цією метою проведена модернізація РПАА. Відпрацьовано режими його роботи й отримані зразки.

Показники відомих вихідних складів сумішей наведені нижче.

Зразок №1 - чистий мазут.

Зразок №2 - мазут, розведений 16,6 % по масі з водою.

Зразок №3 - мазут, розведений 24,6 % по масі з водою.

Зразок №4 - мазут, розведений вугільним пилом і водою, орієнтовочно 10 % по масі.

Зразок №5 - мазут, розведений вугільним пилом і водою, орієнтовочно 20 % по масі.

Зразок №6 - мазут, розведений вугільним пилом і водою, орієнтовочно 30 % по масі.

У першу чергу були обмірювані щільності зразків.

Індекси при позначенні щільності відповідають номерам зразків:

$$\begin{array}{lll} P_1 = 830 \text{ кг/м}^3; & p_2 = 860 \text{ кг/м}^3; & p_3 = 872 \text{ кг/м}^3; \\ p_4 = 850 \text{ кг/м}^3; & p_5 = 900 \text{ кг/м}^3; & p_6 = 910 \text{ кг/м}^3. \end{array}$$

Слід зазначити, що всі горючі суміші легше води, зі збільшенням частки води щільність зростає практично без ефекту зміни обсягу при змішанні. По величині щільності горючі суміші близькі до легених мазутам.

Обмірювані теплоємності представлений нижче як фактичний матеріал. Індекси при позначеннях також відповідають номерам зразків:

$$\begin{array}{lll} c_{p1} = 2,1 \text{ кдж/кгград}; & \text{порівн}_2 = 2,9 \text{ кдж/кгград}; & \text{порівн}_3 = 3,2 \text{ кдж/кгград}; \\ c_{p4} = 3,0 \text{ кдж/кгград}; & \text{порівн}_5 = 3,1 \text{ кдж/кгград}; & \text{порівн}_6 = 3,2 \text{ кдж/кгград}. \end{array}$$

Характерно, що теплоємність сумішей збільшується з ростом змісту води й при розведенні з вугільним пилом.

Далі проводилися дослідження із запалення й горіння композиційних палив. Процес горіння будь-яких рідин починається із запалення пароповітряної суміші. Стаціонарний процес горіння встановлюється тільки при певній температурі рідини. У процесі появи полум'я над відкритою поверхнею рідини від

зовнішнього джерела полум'я виділяють дві характерні температури рідини. Перша характеризує поява полум'я над поверхнею рідини в присутності зовнішнього джерела підпалювання й названа температурою спалаху  $t_{всп}$ . Друга характеризує встановлення стаціонарного полум'я над поверхнею рідини без зовнішнього підігріву при видаленні пристрою, що підпалює, називаною температурою запалення  $t_{вос}$ . Звичайно температура спалаху незначно нижче температури.

## **ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ЖИВЛЕННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ**

О.Ю. Поліщук, В.Ф. Рой, д.ф-м.н., проф., Ю.В. Рой

*Харківська національна академія міського господарства*

Підвищення енергоефективності освітлювальних установок зовнішнього освітлення (ЗО) досягається за рахунок застосування сучасних вискоефективних джерел світла та створення спеціальних режимів роботи, наприклад, регулювання рівня освітленості з врахуванням інтенсивності природного освітлення, або відключення частини джерел світла або світильників в нічний час, коли число транспортних засобів та пішоходів стає незначним. В Україні внаслідок технічних та економічних чинників використовують більш дешеву— другу методику енергоощадження освітлювальними установками, що протирічить сучасним вимогам МКО щодо якості освітлення, оскільки призводить до підвищення контрастності і внаслідок цього - зниження безпеки руху транспорту та пересування пішоходів. Тому виникає необхідність в розробці та впровадженні більш ефективних та якісних систем зовнішнього освітлення, якими вважають ОУ з повільним регулюванням освітлення по заданій програмі, або в залежності від рівня зовнішнього освітлення [1]. В Україні системі автоматичного регулювання ЗО досі не використовуються, в той час як на Заході вони достатньо широко впроваджуються, економлячи до 50% електроенергії в порівнянні з нерегульованими ОУ. Використання систем автоматичного регулювання режимами ОУ дозволяє, окрім того, майже удвічі збільшити строк служби розрядних ламп (РЛ). Це пояснюється тим, що в нерегульованих ОУ для компенсації спаду світлового потоку РЛ в процесі горіння, який складає від 60 до 80% в залежності від типу лампи, встановлюють на початку роботи лампи підвищений рівень робочої напруги, що призводить до суттєвого перевантаження лампи і посиленого розпилення емісійного покриття катодів.

Для установок ЗО економічно більш обґрунтованою є централізована система керування електричними параметрами схем живлення РЛ, при якій регулювання режимами ламп здійснюється за допомогою одного стандартного силового блока керування по команді з лінії, або таймером по астрономічному календарному часу [2]. В цьому випадку всі світильники комплектуються стандартними електромагнітними баластами і запалюючими пристроями а головний блок управління розташований на стороні розподільного пристрою і налаштовується

забезпечення нормованого рівня освітлення. Як показав дослід експлуатації таких ОУ у ФРН, у випадку використання в ОУ РЛ високого тиску типу ДНат така система дозволяє регулювати світловий потік в межах від 100 до 50%.

Найбільш перспективною для масового впровадження в ОУ є система регулювання режимів РЛ шляхом зміни напруги живлення, яка, на відміну від інших методів, не відбувається зміна кольорових температури та індексу кольоропередачі випромінювання. Оскільки зміна електричного режиму живлення РЛ призводить до виникнення та протікання різноманітних фізичних процесів в газовому розряді лампи, що суттєво впливає на її світлотехнічні характеристики, тому виникає необхідність у проведенні аналізу процесів, що відбуваються при імпульсно-фазовому регулюванні електричних параметрів схеми живлення ОУ з метою визначення оптимальних режимів роботи РЛ.

Проведений аналіз динаміки регулювання електричними режимами роботи РЛВТ типу ДНат при припущеннях, що паралельно з'єднані в ОУ лампи мають ідентичні параметри і струми живлення в них однакові, свідчить, що діапазон регулювання інтенсивності випромінювання простягається від 100 до 50% при зниженні величини спожитої електроенергії на 45%. Експериментальна залежність світлового потоку від величини споживаного струму для РЛ типу ДНат-400 Вт свідчить, що при зниженні величини струму на 35% світловий потік РЛ зменшується в два рази. Отримані в результаті аналізу перехідних комутаційних процесів при імпульсно-фазовому регулюванні режиму живлення РЛ ВТ аналітичні вирази, дають змогу розраховувати як електричні параметри схем регулювання ОУ зовнішнього освітлення, так і визначити діапазон їх раціонального застосування.

### **Література**

- 1.Воронина В.Н. О регулировании светового потока в установках наружного освещения.// Светотехника.- 1991.-№11.-С.10-13.
- 2.Хайнц Р. Характер работы разрядных ламп высокого давления при регулировании мощности //Светотехника.-2005.-№4.- С.16-20.

### ***РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ГОРОДСКОМ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТЕ***

В.И. Скурихин

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

Одной из проблем электроснабжения городского электрического транспорта является износ контактных проводов тяговой сети. Интенсивность этого износа в основном зависят как от материала, из которого изготовлены контактные провода так и от интенсивности их эксплуатации.

Анализ влияния первого фактора с точки зрения ресурсосбережения показывает, что достаточно эффективным путем снижения стоимости контактной сети является замена медного контактного провода алюминиевым. Алюминие-

вый контактный провод обладает такими явными преимуществами, как меньший вес и более низкая стоимость, что немаловажно в сложившейся экономической обстановке. Последнее является важным фактором с точки зрения динамических показателей самого процесса токосяема.

Наряду с достоинствами алюминиевого контактного провода есть и недостатки, которые являются отличительной особенностью алюминия от меди по физико-химическим свойствам. Основными из них является более низкая механическая прочность и износоустойчивость алюминия при больших токовых нагрузках.

В соответствии с результатами исследований первый недостаток можно устранить, упрочнив механически провод стальным сердечником, т.е. применить стальной стержень, закатанный внутрь алюминиевого провода. Такая возможность в последнее время, благодаря соответствующему оборудованию, появилась на предприятии «Азовкабель» в г. Бердянске.

Для устранения второго недостатка предлагается постепенная замена медных контактных проводов сталеалюминиевыми на участках с пониженной интенсивностью движения, т.е. на слабозагруженных участках. Такие участки имеются в каждом городе.

## ***УЛУЧШЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА***

Я.В. Щербак, д.т.н., проф.

*Украинская государственная академия железнодорожного транспорта*

В.Г. Ягуп, д.т.н., проф.

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

Е.Я. Ивакина, инж.

*Управление южной железной дороги*

Технико-экономические показатели и вопросы электромагнитной совместимости тяговой подстанции, осуществляющей питание контактной сети городского электротранспорта, во многом определяются типом выпрямительной установки. Исторически сложилось, что до настоящего времени применяются неуправляемые шестипульсные выпрямительные установки. С точки зрения современных требований такие схемы характеризуются рядом существенных недостатков: относительно низким коэффициентом мощности, существенные искажения формы потребляемого из питающей сети тока, нестабильностью выходного напряжения, большими пульсациями выходного напряжения, отсутствием возможности рекуперации из цепи постоянного тока в цепь переменного тока.

В большой степени влияние указанных недостатков на качество электрической энергии во входной и выходной цепях тяговой подстанции может

быть ослаблено включением в состав выпрямительной установки управляемого вольтодобавочного преобразователя. Мощность такого преобразователя не превышает 20% мощности основной выпрямительной установки. Как показывают результаты исследований, введение в состав выпрямительной установки тяговой подстанции управляемого вольтодобавочного преобразователя расширяет функциональные возможности выпрямительной установки и позволяет решить ряд задач. Так, включение вольтодобавочного преобразователя в замкнутую структуру позволяет решить задачу инвариантности выходного напряжения тяговой подстанции к величине тока нагрузки, что является актуальным для контактной сети городского электротранспорта. Применением специальных замкнутых систем автоматического регулирования позволяет улучшить гармонические составы входного тока и выходного напряжения. Расширение числа регулируемых гармоник достигается применением вольтодобавочного преобразователя с широтно-импульсной модуляцией. Возможность широкого регулирования позволяет переводить вольтодобавочный преобразователь в инверторный режим, что дает возможность рекуперации электрической энергии из контактной сети в сеть переменного тока. Применение разных схем соединения обмоток трансформаторов, питающих основную выпрямитель и вольтодобавочный преобразователь позволяет повысить коэффициент мощности.

### ***К ВОПРОСУ ОБ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С ИМПУЛЬСНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ С ТЯГОВЫМИ ПОДСТАНЦИЯМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА***

И.В. Слободчиков, асп.

*Украинская государственная академия железнодорожного транспорта*

Рассмотрены вопросы электромагнитной совместимости тяговых подстанций постоянного тока, оборудованных пассивными энергетическими фильтрами, и подвижного состава с импульсными преобразователями. Исследуется электромагнитное влияние подвижного состава на смежные электроустановки путем определения зависимости эквивалентного мешающего напряжения от величины основной гармоники широтно-импульсного преобразователя. Проведен анализ влияния пассивных энергетических фильтров тяговых подстанций на компенсацию гармоник, сгенерированных подвижным составом. Рассмотрена проблема возникновения в тяговой сети гармоник напряжения и тока одинаковых частот, вызванных работой разных источников. Исследуется процесс возбуждения боковых гармоник (биений) в тяговой сети от гармоник подвижного состава и тяговых подстанций.

Получены зависимости величины эквивалентного мешающего напряжения от амплитуды основной гармоники широтно-импульсного преобразователя. Установлено, что пассивные энергетические фильтры тяговых подстанций не могут компенсировать гармоник, возникающих при работе подвижного состава.

Показано, что эквивалентное мешающее напряжение в контактной сети при эксплуатации подвижного состава с импульсными преобразователями значительно превышает допустимую нормами величину. Данное обстоятельство может приводить к мешающему воздействию тяговой сети на смежные устройства, такие как линии связи, сигнализации и автоматики. Показана возможность возбуждения в тяговой сети гармоник широкого спектра частот, вызванных биениями. Установлено, что наличие таких дополнительных гармоник приводит к возрастанию величины эквивалентного мешающего напряжения, коэффициента пульсаций и может вызвать неправильную работу устройств железнодорожной автоматики из-за возникновения гармоник с частотами, близкими или равными частотам полезных сигналов рельсовых цепей.

Показана необходимость применения активных методов фильтрации гармонических составляющих напряжения тяговой сети, вызванных работой, как тяговых подстанций, так и эксплуатацией подвижного состава с импульсными преобразователями.

## **ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ЗАНУРЕНИХ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ**

Ю.О. Ясинський, к.т.н.

*Українська інженерно-педагогічна академія*

Є загально визнаним, що в період нормальної експлуатації асинхронних електродвигунів (скорочено АД) мають місце тільки їх раптові відмови.

Слід відмітити, що конструкція обмотки статора занурених АД суттєво відрізняється від конструкцій обмотки статора АД усіх інших типів.

У занурених АД обмотку статора намотують проводом ПЭВВП, що має двошарову ізоляцію. Нижній шар ізоляції завтовшки 0,05 мм виготовляють із емальлака «вініфлекс», а верхній зовнішній шар завтовшки 0,4-0,8 мм - з полівінілхлоридного пластикату ПХВ-489. Ізоляція з полівінілхлоридного пластикату відрізняється від ізоляції обмоток АД єдиних серій як по своєму складу, так і за умовами роботи. В лабораторних і виробничих умовах були проведені дослідження властивостей і механізму виходу з ладу ізоляції обмоток занурених АД.

В процесі випробувань вимірялись: опір ізоляції, тангенс кута діелектричних втрат  $\text{tg}\delta$ , ємність, залежність струмів витоку  $I_y$  від прикладеної напруги, а також визначались залежності перерахованих вище параметрів від температури. Крім того, вимірялася напруга початку іонізації ізоляції (поріг іонізації). Дослідження в умовах експлуатації проводились на занурених АД, встановлених у водопідйомних шпарах.

**Метою роботи** є проведення аналізу параметрів ізоляції статорної обмотки занурених АД і обґрунтування можливості їх використання як параметрів діагностики для оцінки надійності занурених АД в експлуатації.

Аналіз отриманих в результатів показав, що параметрами, які характеризують технічний стан ізоляції занурених АД, є струми витоку  $I_y$  і тангенс кута діе-



лектричних втрат в ізоляції tgδ. Встановлені залежності струмів витоку  $I_y$  ізоляції обмоток занурених АД від наробітку свідчать, що ці струми перед введенням АД в експлуатацію мають невелике значення і перебувають у межах від 1,5 до 6 мкА.

На основі аналізу струми витоку  $I_y$  ізоляції обмоток занурених АД можна розділити по характеру зміни на такі три групи: 1 - стабільно зменшуються, 2 - зменшуються на незначну величину біля своїх середніх значень, 3 - збільшуються із значною інтенсивністю.

Доцільно технічний стан ізоляції занурених АД розділити також на три групи (класу), причому кожна група має відповідний гарантований строк безвідмовної роботи.

З певним припущенням можна вважати, що середні значення струмів витоку  $I_y$  кожної групи стану ізоляції мають лінійну залежність від кількості годин роботи занурених АД. Для першої групи ця залежність описується формулою (1), для другої - формулою (2), для третьої - формулою (3):

$$I_{y1} = 7,194 - 0,021t, \quad (1)$$

$$I_{y2} = 9,957 - 0,168t, \quad (2)$$

$$I_{y3} = 7,194 - 12,65t, \quad (3)$$

де  $I_{y1}$ ,  $I_{y2}$ ,  $I_{y3}$  – струми витоку для відповідних груп, мкА;  $t$  - наробіток загально-го АД, тис. годин.

Для уточнення висновку про стан ізоляції в деяких випадках також доцільно визначати, крім залежностей струмів витоку  $I_y$  від часу наробітку АД, залежності струмів витоку  $I_y$  від напруги.

У зв'язку з тим, що обмотки занурених АД оточені водою, що заповнює їхню внутрішню порожнину для охолодження (на відміну від АД загальнопромислового виготовлення) струми витоку  $I_y$  ізоляції обмоток занурених АД можуть проходити тільки через товщу ізоляції, тобто струми по поверхні ізоляції в їх обмотках відсутні.

Якщо в ізоляції обмоток занурених АД немає місцевих дефектів, то значення струмів витоку  $I_y$  обумовлені об'ємною провідністю ізоляції й крива залежності струмів витоку  $I_y$  від прикладеної напруги не повинна значно відрізнятися від лінійної. При наявності в ізоляції місцевих дефектів при певних напругах, що відповідають величині й характеру дефектів в ізоляції (мікроскопічні тріщини, сторонні включення в пластикаті, шпилькові отвори й ін.), крива залежності струмів витоку  $I_y$  від напруги має характерний перегин, а далі йде збільшення струмів витоку  $I_y$  через дефект в ізоляції.

Ізоляцію обмоток занурених АД по характеру залежності струмів витоку  $I_y$  від напруги можна розділити на дві групи. Одна група має невелике збільшення струмів витоку  $I_y$  при підвищенні напруги і при 3000 В струми витоку  $I_y$  не перевищують 25 мкА, а для другої групи характерним є різке збільшення струмів витоку  $I_y$ . При вимірі струмів витоку  $I_y$  напруга, що прикладалась до ізоляції обмоток АД цієї групи, не підвищувалася вище 2000 В у зв'язку з пог-

розою пробою ізоляції.

Аналіз отриманих при експериментальних дослідженнях даних показав, що залежності струмів витоку  $I_y$  від напруги при діагностуванні ізоляції занурених АД не можна використати як основні показники діагностики, тому що деякі обмотки, що мають значне збільшення струмів витоку  $I_y$  при підвищенні напруги працювали ще порівняно тривалий час. Збільшення струмів витоку  $I_y$  при підвищенні напруги свідчить про наявність дефекту в ізоляції, однак швидкість розвитку дефекту залежить від його розміщення в обмотці (відстані до металевих частин, робочої напруги обмотки в місці дефекту й ін.). Тому залежності струмів витоку  $I_y$  від напруги доцільно використовувати для додаткового підтвердження висновку про технічний стан ізоляції, як це буде описано нижче. Обробка отриманих даних при вимірі параметрів ізоляції обмоток занурених АД показала, що другим основним параметром для оцінки технічного стану ізоляції є тангенс кута діелектричних втрат  $\text{tg}\delta$ . По характеру зміни тангенса кута діелектричних втрат  $\text{tg}\delta$ , як і по зміні струмів витоку  $I_y$ , технічний стан ізоляції обмоток занурених АД можна розділити на три групи (класу).

Залежності середніх значень тангенса кута діелектричних втрат в ізоляції  $\text{tg}\delta$  від часу роботи для цих груп виражаються для 1-ої групи формулою (4), для 2-ої групи формулою (5), для 3-ої групи формулою (6):

$$\text{tg}\delta_1 = 6,478 - 0,0099t, \quad (4)$$

$$\text{tg}\delta_2 = 7,382 - 0,0038t, \quad (5)$$

$$\text{tg}\delta_3 = 7,139 + 0,041t, \quad (6)$$

де  $t$  - напруцювання АД, тис. годин;  $\text{tg}\delta_1$ ,  $\text{tg}\delta_2$ ,  $\text{tg}\delta_3$  - середні значення тангенса кута діелектричних втрат в ізоляції.

З формул (4)-(6) видно, що для 1-ої і 2-ої групи технічного стану ізоляції середні значення тангенса кута діелектричних втрат  $\text{tg}\delta$  зменшуються при збільшенні наробітку, а для 3-ї групи вони збільшуються.

Таким чином, при діагностуванні висновок про технічний стан ізоляції обмоток занурених АД можна зробити на підставі даних вимірів струмів витоку  $I_y$  й тангенса кута діелектричних втрат  $\text{tg}\delta$ .

Якщо значення струмів витоку  $I_y$  й тангенса кута діелектричних втрат  $\text{tg}\delta$  при збільшенні годин роботи занурених АД стабільні або зменшуються, можна гарантувати надійну роботу ізоляції. Збільшення значень обох параметрів у процесі експлуатації електродвигуна свідчать про наявність дефектів і ослаблення ізоляції, внаслідок чого обмотка через певний час вийде з ладу. Якщо один з параметрів нестабільний або постійно збільшується, а другий залишається незмінним або зменшується, стан ізоляції обмоток незадовільний і гарантувати надійну її роботу не можна.

Для точного визначення технічного стану ізоляції треба періодично через певні проміжки часу (3-4 місяці) вимірювати струми витоку  $I_y$  і тангенс кута діелектричних втрат  $\text{tg}\delta$  і порівнювати отримані дані з даними попередніх ви-

мірів. При 1-ому діагностуванні про технічний стан ізоляції роблять висновок по залежності струмів витоку  $I_y$  від напруги і за абсолютним значенням тангенса кута діелектричних втрат  $\text{tg}\delta$ .

## **ВПРОВАДЖЕННЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНОГО АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА В ЛІФТОВОМУ ГОСПОДАРСТВІ**

М.І. Шпіка, к.т.н., Н.О. Грищенко

*Харківська національна академія міського господарства*

Ліфтове господарство займає важливе місце в інфраструктурі міст України, особливо мегаполісів. На жаль в даний час стан ліфтового господарства в нашій країні не відповідає сучасним вимогам. Більшість будівель обладнано ліфтами з релейно-контакторною системою керування двошвидкісними асинхронними електродвигунами. Така система має суттєві недоліки: підвищені енерговитрати, низька надійність, значні затрати на ремонти, великі габарити, малоефективна система діагностики. Крім того, слід відмітити, що електрообладнання більшості ліфтів потребує заміни або модернізації.

Тому доцільно впроваджувати в ліфтовому господарстві частотно-регульовані асинхронні електроприводи, які позбавлені вищевказаних недоліків. Широкому поширенню таких електроприводів на підприємствах житлово-комунального господарства економічно розвинених країн посприяли значні успіхи силової електроніки і поява на ринку перетворювачів частоти різної потужності на сучасній елементній базі з мікропроцесорними системами керування (МПСК).

Використання МПСК розширяє функціональні можливості електропривода, поліпшує його статичні та динамічні характеристики за рахунок реалізації оптимальних законів і алгоритмів широтно-імпульсного керування інвертором. Мікропроцесорна система керування забезпечує частотний пуск, роботу та гальмування електропривода по заданому алгоритму.

Задані характеристики електропривода підтримуються МПСК на протязі всього терміну роботи, а, при необхідності, можуть корегуватись шляхом вдосконалення алгоритмів керування на програмному рівні. Це дозволяє, не змінюючи структури системи керування, покращувати її ефективність, а в кінцевому рахунку – збільшити термін роботи електрообладнання та знизити експлуатаційні затрати. Використання МПСК забезпечує ефективну систему діагностики електропривода. Появляється можливість записувати процеси, що протікають в силовій частині електроприводу та системі керування з подальшим відтворенням їх на екрані монітора персонального комп'ютера.

Впровадження асинхронного електропривода з перетворювачем частоти і МПСК дозволяє істотно скоротити енерговитрати, підвищити продуктивність ліфта, а також поліпшити комфорт пасажирів завдяки забезпеченню заданого закону регулювання.

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПРИСТРОЇВ ЗАХИСТУ ЛІНІЙ 6(10) КВ ВІД КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ

Лисиченко М.Л., д.т.н., проф., Гузенко В.В.

Харківська національна академія міського господарства

У сучасному міському господарстві пріоритетним напрямком є розвиток енергетичного комплексу. Відомо, що надійність електропостачання залежить від якості і ефективності роботи повітряних ліній (ПЛ) електропередач 6(10) кВ. Як показує практика, найбільш ймовірним аварійним режимом роботи є виникнення коротких замикань. Тому вірно вибраний захисний апарат є запорукою надійного електропостачання споживачів.

Із-за цілого ряду особливостей електричних мереж напругою 6 (10) кВ, як повітряних так і кабельних ліній, імовірність їх пошкодження внаслідок виникнення короткого замикання є досить високою, а не ефективне спрацювання захисної апаратури може привести до виникнення пожежі і навіть загибелі людей. Саме правильний вибір захисту дозволяє відключити пошкодження найближчим захисним апаратом і істотно скоротити розмір збитку.

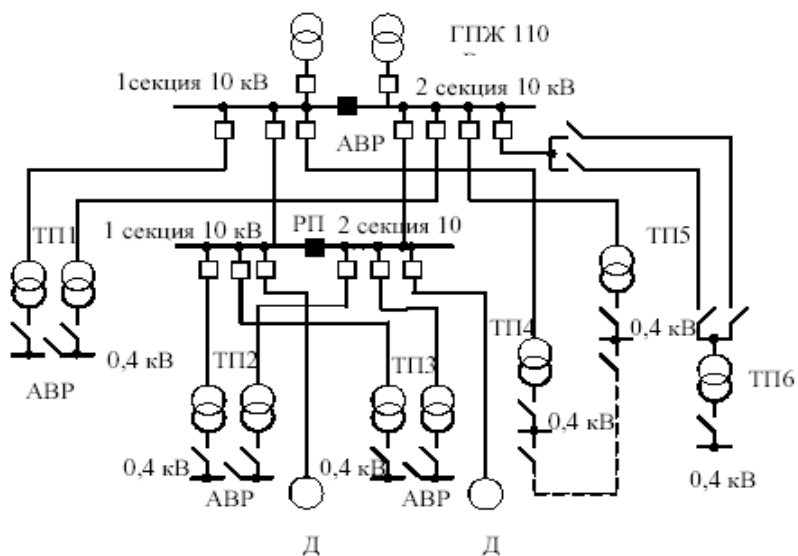


Рис. 1. – Схема електропостачання об'єкту

Під коротким замиканням розуміють аварійний режим, який характеризується різким спадом напруги по аперіодичному закону і значним підвищенням струму, тобто, в лінії відбувається переважання нестійких складових перехідного процесу з амплітудами. В наслідок чого провідна нагрівається – що призводить до збільшення витрат напруги.

Таким чином, короткі замикання представляють загрозу як для людини та тварин так і для електрообладнання в цілому.

Аналіз науково-технічної літератури дозволяє сформулювати основні причини коротких замикань до яких відносять: перенапругу грозового характеру, фі-

зичне старіння ізоляції, механічні пошкодження ізоляції. Тому у відповідності до ПУЕ на ПЛ повинен бути встановлений швидкодіючий захист, який з достатньою чутливістю та без витримки часу реагує на всі види аварійних режимів.

Промисловість випускає безліч різних апаратів для захисту ПЛ напруги 6(10) кВ від коротких замикань і перевантажень. Найбільш розповсюдженні пристрої: запобіжники, автоматичні вимикачі, дистанційний, та диференціальний захист, але кожний з них має, як переваги так і недоліки.

У зв'язку з тим, що до сучасного релейного захисту пред'являють все більше вимог, то раніше застосовувані засоби захисту поступово замінюються на нові – більш досконалі, які мають більш високі показники надійності, чутливість та швидкодію.

З огляду на досягнуті в даний час в Україні рівні пристроїв захисту, можна сказати, що запобіжники та автоматичні вимикачі не задовольняють пред'явленим вимогам, щодо надійності, швидкодії та чутливості. Як показує практика, у багатьох випадках електричні мережі, незважаючи на формальну наявність захисту – максимально-струмових реле, автоматичних вимикачів, від пожежонебезпечних режимів не захищені.

В якості недоліків можна вважати:

- негативні наслідки затримки відключення.
- неселективну дію в тих випадках коли це недопустимо.
- нечутливість к деяким видам коротких замикань та перенапруг.
- виникнення уповільненої дії на аварійний режим.
- незахищеність від пожежонебезпечних режимів.

Так, останнім часом широкого розповсюдження знаходять мікропроцесорні пристрої релейного захисту типу РЗЛ-01.01, який випускає ОАО електротехнічний завод Релсіс (рис.2). Вони мають широкі можливості зміни захисних параметрів та забезпечують високу надійність спрацювання в разі виникнення аварійних режимів роботи. Пристрій призначений для здійснення функцій релейного захисту, автоматики, керування реєстрації та сигналізації: кабельних та повітряних ліній та трансформаторів.



Рис. 2. – Мікропроцесорний пристрій релейного захисту типу РЗЛ-01.01

Однією із основних переваг, яка цінується сьогодні особливо з огляду на майже 100% комп'ютеризацію процесів керування режимів роботи енергетичних систем є можливість пристрою підключатися до комп'ютера, та увійти у загальну автоматичну систему контролю за роботою електрообладнання об'єкту (рис.3).

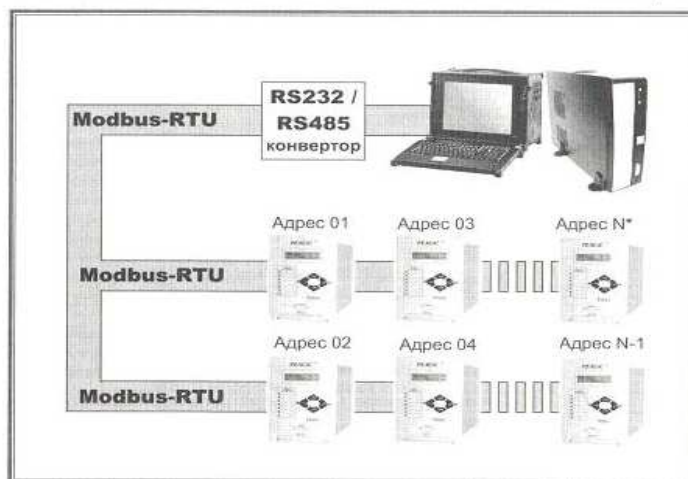


Рис. 3. – Схема включення пристрою до системи збору інформації та під'єднання до комп'ютера

Функцією захисту є максимально струмовий захист, кількість активних ступіней якого задається за допомогою уставок. Додатково є можливість активувати чи деактивувати любу ступінь: по дискретному входу, вручну за допомогою управляючих кнопок та з ПК через інтерфейс. Функція логічного захисту шин вимикача спрацьовує у випадку пуску активної ступіні максимально-струмового захисту, а якщо здійснюється скидання пуск МСЗ, ЛЗШВ (логічний захист шин вимикача) знімає сигнал вихідного реле без затримки.

За рахунок того, що деякі короткі замикання на ПЛІ носять тимчасовий характер, то наявність автомата повторного вмикання вимикача є найбільш корисним та ефективним.

Вихідний сигнал ПРВВ (пристрою резервованої відмови вимикача) формується при спрацюванні струмових захистів пристрою (любої із ступені МСЗ) після затримки на час уставки.

Відповідно до методик вибору захисту, згідно ПУЕ, від коротких замикань, необхідна чутливість захисту лінії 6(10) кВ забезпечується при використанні сучасних мікропроцесорних пристроїв релейного захисту РЗЛ. Дані пристрої є надійним засобом електричного захисту і отримали міжнародне визнання.

Метою досліджень є порівняння ефективності спрацювання апаратів захисту лінії 6(10) кВ від коротких замикань.

Дослідження характеристик ефективності пристроїв захисту від аварійних режимів роботи лінії 6(10) кВ здійснювалось на основі порівняння ВАХ спрацювання запобіжників, автоматичних вимикачів, електромагнітних реле і мікропроцесорних реле. У відповідності з діючими методиками вибору захисту, згідно вимог ПУЕ, у разі виникнення коротких замикань необхідно забезпечити

певний рівень чутливості апаратів. Аналіз ВАХ відповідних апаратів захисту показав, що найбільш ефективним є захист лінії при застосуванні сучасних мікропроцесорних пристроїв релейного захисту типу РЗЛ-01.01, РЗЛ-01.02, РЗЛ-01.03. Причому вони мають канали зв'язку для передачі на диспетчерський пульт інформації щодо даних аварійних відключень, перегляду та зміни уставок, контролю поточного стану пристрою, а також дистанційного керування дискретними виходами.

Однак, в наслідок достатньо високої вартості пристроїв (2,0-3,0 т. грн.) їх застосування оправдане у випадку досить високої імовірності виникнення короткого замикання на окремих ділянках ліній, та порівняно високої вартості електрообладнання, яке захищається.

Дані реле є програмовані і для зміни струмових вставок спрацювання або активізації певних функцій захисту обслуговуючий персонал повинен мати певний рівень кваліфікації зокрема в напрямку комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Таким чином, застосування мікропроцесорних реле типа РЗЛ з одного боку забезпечує підвищення надійності захисту електричних мереж 6(10) кВ від короткого замикання, а з іншого боку вимагає детального техніко-економічного обґрунтування та перепідготовки обслуговуючого персоналу.

## СЕКЦИЯ “ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ”

*Руководитель секции – к.т.н., доц. Сапрыка А.В.*

*Секретарь секции – Блощенко Т.В.*

### **ІДЕЙНО-ТЕОРЕТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ**

О.І. Дорошенко, канд. техн. наук

*Одеський національний політехнічний університет*

Як відомо, електрична енергія дозволяє успішно вирішити основну задачу енергетики – як передати і розподілити енергію, що міститься у енергоресурсах, які розподілено, вкрай, не рівномірно на території земної кулі. Тому електроенергетика є важливою підсистемою енергетики, а електроенергетичні системи (ЕЕС) достатньо складні за схемою і технологічними процесами, що відбуваються у її складових елементах.

ЕЕС – сукупність електроустановок, у якій, майже одночасно, відбуваються процеси з вироблення, розподілу, передавання та споживання (перетворення у інші види енергії з метою виконання корисної роботи) електричної енергії (ЕЕ). Тому ЕЕ необхідно розглядати у двох аспектах: з одного боку – як фізичне явище, а з іншого – як товарну продукцію, що виробляється промисловим способом (у великому обсязі і, зрівняно, недорого) [1].

Відповідь на запитання першого аспекту можна віднайти за допомогою ідейно-теоретичної моделі ЕЕС, у якості якої можна розглядати теорему Поїтинга. Але при цьому необхідно зауважити, що усі електроустановки ЕЕС побудовано із застосуванням двох основних електротехнічних матеріалів: провідників та діелектриків. Обидва ці матеріали складаються з атомів, які мають однакову будову: у центрі додатньо заряджене ядро, а навколо нього обертаються від’ємно заряджені електрони. Заряди ядра і електронів урівноважені, тому у нормальному становищі кожен атом володіє внутрішньою енергією, яка за його межі не виходить.

Але електрони атомів провідників (у електроенергетиці це метали мідь та алюміній) під дією зовнішніх факторів легко стають вільними і покидають свою орбіту. Вони переходять на вільне місце у орбітах сусідніх атомів, створюючи об’ємний струм провідності провідника.

На відміну від провідників, електрони атомів діелектриків мають, так звані, “заборонені зони”, тобто, орбіти у своїх атомів, на яких вони можуть знаходитись певний час, поки діє зовнішній фактор. При цьому центри додатного заряду ядра атома і його загального від’ємного заряду електронів зміщуються, утворюючи об’ємний струм зміщення. Таким чином атоми діелектрику поляризуються, за рахунок чого їх внутрішня енергія виходить за межі атома. Струм



провідності у діелектриків за нормальних умов, практично, відсутній, а у провідників – струм зміщення.

За даними [2], відношення струмів зміщення до струмів провідності складають величину: у діелектриків 286 в.о.; у провідників  $-5,6 \times 10^{-6}$  в.о. Тобто, на відміну від провідного середовища, діелектричне – є пружним і у ньому має місце електромагнітне поле.

Електромагнітним полем називають матеріальне середовище, яке володіє масою і здатне до поляризації, як діелектричне.

Незважаючи на незначні розміри атомів, відома гіпотеза про існування “фізичного вакууму”. Можливо, що це нейтрони, які розташовані у просторі між ядром атому і орбітами його електронів та в міжатомному просторі. Цілком можливо, що це і є “матерія”, з якої і побудовано всесвіт, а ядро і електрони кожного реально існуючого атома є видозмінені зовнішніми чинниками нейтрони. В [3] такі віртуальні частинки названо фітонами, де стверджується, що розрахунки та експерименти підтверджують, що фізичний вакуум має масу, яка володіє густиною  $10^{-15}$  Г/см<sup>3</sup> (для порівняння, густина дистильованої води за нормальних умов – 1 Г/см<sup>3</sup>).

У свою чергу, фітон складається з двох однакових, вкладених одна в одну і протилежно заряджених часток, які обертаються навколо своєї власної вісі у протилежних напрямках. Момент обертання такої частки називається спіном. Таким чином, у нормальному стані фізичного вакууму загальний заряд фітона і його спін дорівнюють нулю. Таке діелектричне середовище вважається не викривленим (рис.1,а).

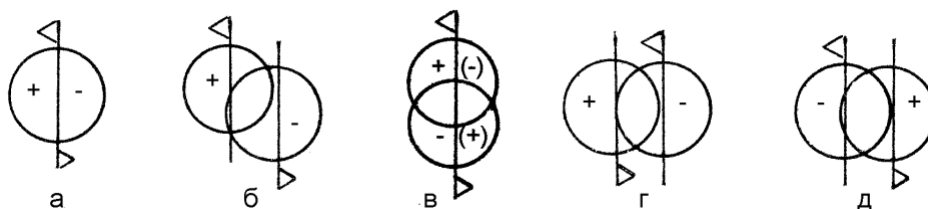


Рис.1. Можливий стан фітонів фізичного вакууму:

а – нормальний; б – поздовжньо-поперечна поляризація;

в – поздовжня поляризація; г, д – поперечна поляризація

Якщо у певних межах діелектричного середовища з’являється заряд, то відбувається поперечна і поздовжня поляризація фізичного вакууму. Фітон стає диполем, а його спін відрізняється від нуля (рис.1,б – 1,д). Враховуючи незначну масу фітонів така поляризація відбувається, очевидно, миттєво.

Тобто, у фізичному вакуумі накопичується енергія, яка поляризує атоми пружного діелектричного середовища, утворюючи у ньому струм зміщення. Якщо заряд, що деформує фізичний вакуум, рухається в електричному колі, то енергія фізичного вакууму миттєво поляризує діелектричне середовища, яке оточує коло струму у поздовжньому і поперечному (відносно струму кола) напрямках, утворюючи потужність (енергію) електромагнітного поля цього кола.

При цьому поле в струмоведучих частинах кола відсутнє тому, що внутрішня енергія його атомів лишається внутрішньою за рахунок компенсації їх загального від'ємного заряду транзитними електронами.

Поперечна поляризація елементарної площинки діелектрика, перпендикулярної до струмоведучих частин, відбувається дією напруги джерела, яке одночасно з цим створює струм провідності в струмоведучих частинах ЕЕС. Така поляризація створює диполь, у якому діють кулонівські сили між зарядами протилежного знаку цього диполя. Тобто, створюється механічна напруженість діелектричного середовища площинки, величина якої змінюється зі зміною напруги, яку оцінюють напруженістю умовного електричного поля і позначають вектором  $\vec{E}$ , В/м.

При цьому напруга, що поляризує діелектрик суміжної площинки діелектрика буде зменшена за рахунок її втрат в опорах струмоведучих частин. Тому величина заряду її диполя у діелектрику буде меншою ніж величина такого заряду першої площинки.

Оскільки електрони поляризованого атому діелектрика продовжують обертатись навколо його ядра, а радіус їх орбіт змінюється залежно від миттєвого значення напруги, то створюється сила, напрямом дії якої перпендикулярний до напрямку дії згаданого вище вектора кожної площинки. Тобто, створюється ще одна механічна напруженість діелектричного середовища кожної площинки, величина якої змінюється зі зміною її напруги, що визначається величиною струму провідності струмоведучих частин. Її оцінюють напруженістю умовного магнітного поля і позначають вектором  $\vec{H}$ , А/м.

Оскільки потужність (енергія) передається у одному напрямку, незмінно, від її джерела до споживача, то це величина векторна, яку за теоремою Пойтинга визначають векторним добутком, що має розмірність  $\text{ВА/м}^2$

$$S = [E][H] .$$

Тому в [2] стверджується: “...Электромагнитная энергия от места ее генерирования передается к месту потребления по диэлектрику (*провода же в линиях передачи выполняют двойную роль: они являются каналами, по которым проходит ток, и организаторами структуры поля в диэлектрике*)...”.

### **Висновки:**

1. Як фізичне явище – ЕЕ це енергія поздовжньо-поперечної поляризації діелектричного середовища ЕЕС, яке оточує усі її струмоведучі частини (разом з електроустановками споживачів).

2. Як товарна продукція – ЕЕ це робота, яку виконують генератори електростанцій ЕЕС для створення струму провідності в струмоведучих частинах її елементів і струму зміщення в діелектричному середовищі цих частин.

### **Література**

1. Карташов И.И. Управление качеством электроэнергии / [Карташов И.И., Тульский В.Н., Шамонов Р.Г. и др.]; под ред. Ю.В. Шарова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 320 с.

2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Изд. 6-е. Учебник для студ. энергетич. и электротехнич. вузов. / Бессонов Л.А. М, Высш. школа, 1973. – 752 с.
3. Акимов А.Е. Модели поляризационных состояний физического вакуума и торсионных полей. TGS – концепции. / Акимов А.Е. Тарасенко В.Я.– М.: 1993. – 31 с.; препринт № 7.

## **ТРЕНАЖЕРНА ПІДГОТОВКА ПЕРСОНАЛУ ВІЙСЬКОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ**

Новічонок С.М., к.т.н., доц., Рогозін І.В., Терентьєва І.В.

*Харківський університет Повітряних Сил*

Військові електростанції (ЕС) у воєнний час є основним джерелом електричної енергії для військових об'єктів. Якісна підготовка електроспеціалістів, що обслуговують військові електростанції є основою виконання ними завдань за призначенням у воєнний час.

Слід відзначити що в мирний час робота на військових ЕС обмежена, це приводить до того, що накопичення достатнього досвіду експлуатації ЕС не відбувається. Для навчання особового складу та підтримання навченості на встановленому рівні передбачені тренування. Проте існує дві проблеми, це брак пального та значна втрата ресурсу військових ЕС. В умовах підвищення цін на енергоносії та обмеженості фінансування актуальність їх подання буде лише зростати.

Ці проблеми значно зменшуються при використанні тренажерів. У енергетичній сфері, в світі, такі тренажери широко застосовуються на атомних і теплових станціях. Відомими виробниками таких тренажерів є «Western Services Corporation», «Thomson Training & Simulation», «Транзас Україна», «Моделирующие системы» та інші. Поступово увага приділяється і менш потужним установкам.

У військовій сфері, в Україні, на теперішній час тренажери використовуються в основному для підготовки пілотів, танкістів та операторів систем керування зброєю. В області підготовки військових електроспеціалістів використовують лише тренажери для тренування виконання масажу серця та штучного дихання. Проте використання тренажеру, наприклад, для підготовки дизеліста електростанції 5И57А, дозволить економити палива 27 л за годину, при цьому навчаємий не повинен мати відповідну групу з електробезпеки. На відміну від тренувань на ЕС, тренажер дозволить практично прищепити вміння діяти у аварійних ситуаціях, підвищити здатність діагностування несправностей.

Розроблено прототип тренажеру дизельної ЕС 5И57А. Розглядаються основні модулі тренажеру та середовище програмування.

Використання такого тренажеру дозволить підвищити навченість електроспеціалістів, що обслуговують ДЕС 5И57А при збереженні палива, інших витратних матеріалів та ресурсу самої ДЕС, а також надасть можливість тим хто навчається готуватися самостійно.

## **ФЕНОМЕН ДУХОВНОСТИ В ХАРАКТЕРИСТИКЕ ОСНОВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНТЕЛЛИГЕНЦИИ**

Радионова Л.А., к.ф.н., доц.

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

Образование - один из наиболее существенных ресурсов культуры в широком смысле слова. С одной стороны, оно соединяет человека с консервативным потенциалом знаний и умений (предысторией), побуждающим к их ретрансляции, передаче, распространению (всеобщей коммуникации), а с другой - выступает предпосылкой развития уникальной, неповторимой творческой личности. Образование, обращенное к отдельному человеку, представляет собой сложную институциональную подсистему общества, которая призвана облегчить ему участие во всеобщей деятельности, не теряя своей индивидуальности.

Как определить ценность образования в условиях современной цивилизации, обретающей глобальные контуры, как выстроить соответствующие стратегии его развития? Ведь очевидно, что в реальной конкуренции капиталов – экономических, политических, социальных, культурных – выигрывают, как правило, три первых. Как соотносить образование и глобализацию?

Сегодняшний вызов глобализма – это, в том числе, и риск потери духовности человека. Эта угроза исходит из общей либеральной стратегии развития.

С 10 по 14 октября 2007 года в Греции прошла V сессия диалога Мировой общественный форум мировых цивилизаций. В числе прочих в рамках сессии функционировала и секция «Стратегия образования XXI в. - образование в новых условиях». В частности, речь шла о господстве технократического знания в ущерб знанию гуманитарному, которое как раз и передает смысл происходящего, позволяет вынести ему оценку и наметить реальные пути выхода из тех кризисов, которые мы имеем: глобальные кризисы – это кризис утраты смысла в мире человека, экологии, демографии, межкультурных отношений. Выступавшие подчеркивали, что, технократическое знание не предлагает нам решения возникших проблем, которые в дальнейшем будут только обостряться.

Что нам дает новое знание техники? Новое знание науки? Очень многое в плане нашей экономической жизни, нашего физического существования, комфорта. Но при этом в техническом прогрессе растворяется смысл и человеческое существование. Очеловечивание прогресса не происходит.

З.Бжезинский в книге «Вне контроля. Глобальная смута на пороге XXI века» отмечает, что идеалы личности как тотального потребителя составляют суть морального и жизненного кризиса на Западе, провоцируя процессы разрушения культуры и разложения общества, что западный человек сверхзабочен собственным материальным и чувственным удовлетворением и становится все более неспособным к моральному самоограничению. И если общество окажется неспособным к самоограничению на основе четких нравственных критериев, под вопрос будет поставлено само выживание. Это самооценка того самого «западнизма», о котором мы не думаем, а встраиваемся в эту систему, не осу-

ществляя анализа и не вынося оценку происходящему.

Когда достижения науки и техники связаны с высшими потенциями человека, тогда мы являемся свидетелями подлинного прогресса. Когда же они завязаны на массовой культуре, на обществе потребления и инстинкты, присущие массовой культуре, то мы видим, что история движется вперед и вверх, вперед и вниз.

Именно потому так важно понимать роль гуманитарного знания. В понимании связей между религией, философией, историей, литературой, языком, они позволяют видеть происходящее, не повторяя того, что было в истории, порождавшей свои противоречия и тупики. Потому-то важная задача гуманитарного знания заключается в том, чтоб заниматься не только инновациями, индустрией, машиностроением, но и человекостроением: будущее зависит от того, что происходит во внутреннем мире человека. Потому-то так важен синтез научного и культурно-исторического знания, который бы разрабатывался в целостную образовательную систему.

Гуманитаризация технического образования в вузе не связана с будущей профессией, но по своей значимости для формирования специалиста с высшим образованием, для становления личности она в ряде случаев может оказаться даже более значимой, чем подготовка собственно по основной специальности.

При анализе этой сложнейшей проблемы мы неизбежно столкнемся с понятием «мировая культура», формы которой не только многообразны, но и чрезвычайно обширны. И никто не может точно сказать, что и сколько надо знать инженеру с высшим образованием помимо знания металловедения, сварки и т.д., чтобы претендовать на статус «интеллекта» со всеми присущими этому понятию качествами.

Образованные люди – таково базисное представление об интеллигенции. И с ним практически мало кто спорит.

Как социальное явление люди, получающие образование для работы головой при помощи рук, а не руками при помощи головы, формируются параллельно с развитием индустриального капитализма. В сложившемся разделении общественных функций они являются производителями знания, заняты организацией чужого труда, управлением им, распределением полученных результатов.

В постиндустриальном информационном обществе живой физический труд минимизировался. Управление, распределение, организация/ дезорганизация стало занятием массовым; любые знания и компетенции продаются на рынке, в результате и интеллигенция как особый слой социума постепенно исчезает. Если, работая вместо рук языком, большая часть населения «производит дискурсы», то интеллигенции как конкретного социального держателя разума больше нет. Победив и, в сущности, отождествившись с социумом, она растворяется в массе.

Если на Западе работники умственной сферы, как правило, не претендовали на выход за пределы своих профессиональных обязанностей, в лучшем случае считая себя вправе быть критиками правительства (или существующего положения вещей), то в нашей истории они культивировали идеалы ответственности перед народом, вплоть до поклонения ему; брали на себя миссию его просвещения; заботились о счастье общества в целом и даже о судьбе человечества в целом.

Человек культуры не может быть просто знающим, интеллектуальным: он

должен быть еще и социально вовлеченным, нравственным, т.е. быть «интеллигентом». Его мысль в самом широком смысле этого слова вплетена в жизнь. Эта историческая особенность самосознания отечественных образованных слоев признана в мире и, как известно, во многих иностранных словарях слово «интеллигент» маркируется пометой «русск.».

Интеллигент не отделяет себя от низших социальных групп. Более того: он озабочен их проблемами. Обобщенно говоря, он ориентирован на принцип служения, принцип, который лежит в основе духовности, это - человек с мировоззрением, ценностным, а не только познавательным или технологическим отношением к миру. Ему недостаточно хорошего исполнения своей профессиональной роли: он хочет проектировать будущее.

В контексте господствующей в настоящее время либеральной идеологии не предполагается ценностных - религиозных и моральных - регуляторов социальности. Она не предполагает никакого «служения», а руководствуется только принципом разумного эгоизма, взаимной выгоды и обмена. Тем самым отказывается от культуры как способа «внутреннего» духовного освоения мира человеком и позиционирует себя как цивилизация.

В этом обществе личность трансформируется в «актера», в деятеля и дельца, во всем руководствующегося рациональными соображениями, в интеллектуала. Отказ от культуры и личности означает, соответственно, конец интеллигентности как проявления личностных и культурных характеристик бытия образованных людей.

Интеллектуал – это актер, деловой человек, занятый в сфере умственного труда. Он – глубокий теоретик, знающий свое конкретное дело, высокий профессионал, но он не считает нужным и возможным думать об обществе в целом, его болях и проблемах. У него есть разум, но нет выражаемого вовне мировоззрения и связанных с ним переживаний, а его духовность преобразовалась в менталитет. Перед нами – теоретический прагматик или, что все равно, прагматичный теоретик. Если в остаточной форме элементы духовности все-таки сохраняются, то для приватного пользования.

Обобщая, можно сказать, что если интеллигент – это субъект культуры, духовности, служения и морали, то интеллектуал – субъект науки и техники, носитель рационализма и технологий. Разумеется, сказанное - идеализация; очищенное от эмпирических противоречий моделирование текущих явлений, но оно позволяет понять направление их развития и оценить, что несет человечеству преобладание того или другого идеала, предположить итог их взаимодействия.

Жизнь, к счастью, не до конца логична и можно видеть, как, в частности в Украине, устремившейся в рынок по пути глобализма и цивилизации, национальные традиции и культура борются, сопротивляются. Слишком сильна традиция и положительна аура интеллигентности.

Высшая школа, диалектически связывая образование и воспитание, сохраняет традиции подготовки интеллигенции, сопротивляясь переходу к интеллектуализму. Хотя сегодня вузовская философия нередко отличается профанированием смысла духовности, в то время как основательное и серьезное размышление над этим, на наш взгляд, составляет сердцевину её задач.

Вряд ли в разговоре о духовности можно обойтись простыми определениями, понятийными выкладками. В истории человечества значимость духовности осознавалась всегда конкретно-исторически, причем наиболее ясно в ответ на кризисные моменты развития культуры и общества. Вместе с тем в этом осознании можно выделить некоторые сквозные архетипы мысли: духовность связывалась с присутствием в мире и человеке некоего надмирного и наиндивидуальнейшего начала, сверхъестественного и сверхчувствительного, привносящего в жизнь смыслообразы сакральности истины, красоты и добра и объединяющего людей в созидании, сотворении бытия. Духовность и есть жизнедеятельное сопричастие человека с этим началом, интенциональное следование ему в своих поступках и помыслах.

Еще в философии античности этот архетип так или иначе осмысливается в различных трактовках «нуса», «пневмы», прежде всего у Анаксагора, Платона, Аристотеля, неоплатоников.

Христианство обогатило человеческие представления о духе и духовной практике евангельским учением о Святом духе как одной из ипостасей Божественной Троицы. Миссия христианской церкви в конечном счете выливается в привнесения высокой морали любви к ближнему и откровения, общности, соборности в обыденную жизнь, часто далекую от смысла человеческой. Христианство сформировало культуру воспитания человеческого в человеке, его возвышения (спасения) в причастии к вечным, нетленным, священным ценностям.

Начиная с Нового времени происходит переосмысление духовности с позиций философского рационализма. Рационализация прежних сакральных смыслов подвигалась стремлением выстраивать человеческий Разум по образу науки, процессами секуляризации общества. Важный вклад принадлежит Канту с его интерпретацией «трансцендентного» и «трансцендентального». Место христианских символов «Град Божий» и «Град Земной», выражающих напряженность жизни Духа, заступают «план природы» и «план культуры». Культура как целостная программа деятельности и развития человека в истории становится делом расшифровки во многих последующих философских концепциях, начиная с панлогизма «абсолютного духа» Гегеля. Культура как человеческое историческое творение постепенно завоевывает признание в качестве единственного источника духовности людей, её трудного перевоссоздания и пространственного расширения на каждом новом историческом этапе. Таковы, например, размышления о смысле истории К.Ясперса.

Почему сегодня так важно говорить о духовности, её сокровенных смыслах, о формировании определенной позиции человека в этом вопросе? Вероятно, тот либеральный проект, который опробовало в последние века западное общество, с его приоритетом автономного индивидуалистического начала, упором на целерациональность, неморальную продуктивность науки, социальную инженерию, заново возвращает к этой извечной теме. Начиная со времен символа «Смерть Бога», выдвинутого Ф.Ницше, можно говорить об эпохе переоценки всех ценностей, порожденной нигилистическим восприятием противоречий христианских ценностей. Духовность, свобода и ответственность – это три экзистенциала человеческого существования. Они характеризуют бытие

как бытие именно человека, они конституируют его в этом качестве.

Новое здание принципиально иной культуры, идейной или идеалистической (интегральной), еще не построено, и человечество как бы зависло в этом переходном, промежуточном состоянии.

Если в этом ключе посмотреть на постмодернистский опыт культуры, то вряд ли его можно квалифицировать как попытку устранения ценностного перекоса. «Антипедагогика» постмодерна сводит воспитательный процесс к простой социализации человека на улице, в супермаркете, ресторане. «Зависание» продолжается.

Поворот к духу и обращение к духовности, по мысли Н.Бердяева – это противоположения обыденности, бессмысленности действительности. В этом смысле духовность возвышает человека над повседневностью, утилитарными потребностями и эгоистическими интересами и ценностями. Духовное саморазвитие, самосовершенствование отнюдь не отрицают значимости педагогического усилия. Чтобы стать интеллигентом в подлинном смысле слова, нужна духовность, воспитывающаяся в творческом познавательном труде и общении и прививающая нормы самоограничения, самодисциплины, ответственности и морали безотносительно к профессиональной специализации.

Высшая школа, чтобы оставаться такой, не должна потерять значение проводника духовной связи человека с культурным наследием. Но, наверное, непросто научить человека работать в режиме агента культуры.

### **Литература**

1. Пищулин Н.П. Философия образования: законы, доктрина, принципы. -М., 2001; Общество и образование: вчера, сегодня, завтра. - М., 2002.
2. Куликовская А.В. Дидактика креативного автопознания человека и его знания // Что такое постнеклассическое знание. - М -Александров. 2007.
3. Тоффлер А. Шок будущего - М., 2001.
4. Морин Э.Образование для будущего: семь уроков прошлого // Alma mater.-2008.-№3.

### **ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ СТУДЕНТІВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ**

Гриб О.Г., д.т.н., проф., Довгалоук О.М., к.т.н., доц., Блощенко Т.В., інженер  
*Харківська національна академія міського господарства*

Фундаментальною основою якісних перетворень, що відбуваються у світі, є завершення епохи індустріального виробництва, індустріальної цивілізації й формування сучасного глобального середовища з принципово новою господарчою системою, у якій вирішальним чинником виробництва є знання.

Особливої актуальності набуває підготовка спеціалістів з різних галузей виробництва, орієнтованих на експлуатацію виробів науково-технічного прогресу.

Однією зі складових підготовки майбутніх фахівців є формування у них



відповідних професійних умінь засобами проведення практичних та лабораторних робіт, присвячених знайомству з особливостями конструкції, принципами роботи й особливостями експлуатації сучасних науково-технічних виробів. Вони дозволяють розширити та закріпити теоретичні знання, отримані студентами на лекціях. Це, в свою чергу, потребує внесення змін і підходів до оцінювання навчальних результатів студентів. Оцінювання має ґрунтуватися на позитивному принципі, що передусім передбачає врахування рівня досягнень студента, а не ступеня його невдач.

Визначення рівня навчальних досягнень студента є особливо важливим з огляду на те, що навчальна діяльність у кінцевому підсумку повинна не просто дати людині суму знань, умінь та навичок, а сформувати її компетентність як загальну здатність, що базується на знаннях, досвіді, цінностях, здібностях, набутих завдяки навчанню. Отже, поняття компетентності не зводиться тільки до знань і навичок, а належить до сфери складних умінь і якостей особистості.

Таким чином, необхідно більше уваги приділяти розвитку практичних навичок, для цього критерії оцінки якості підготовки повинні враховувати ступінь кількісного засвоєння матеріалу, розвитку практичних навичок. Для цього необхідно розробити більш детальні критерії, що враховують всі компоненти формування знань фахівців.

Проблемам розробки критеріїв оцінки професійної підготовки майбутніх інженерів присвячені дослідження Зварича І., Зельмана М., Мунтяна Т. та багатьох інших учених [1-6], які розглядали теоретичні знання й практичні навички в цілому, тобто можливість підготовки фахівців з використанням традиційної системи оцінювання.

У той же час, для студентів енергетичних спеціальностей важливим є якісне, а не тільки кількісне формування практичних навичок роботи. Отже у критерії оцінки якості підготовки інженерів-електриків слід враховувати цей фактор.

Однією з особливостей підготовки студентів енергетичних спеціальностей є наявність у навчальних планах лабораторного практикуму, який триває з першого до останнього семестру. У такий спосіб практичні навички майбутніх інженерів постійно вдосконалюються під час навчання.

Основна частина лабораторних робіт виконується після вивчення відповідного навчального матеріалу на етапі закріплення та узагальнення знань і вмінь студентів або під час тематичного обліку. За результатами виконання цих робіт усі студенти, що їх виконували, мають бути оцінені. Ці оцінки вважаються поточними. За результатами всіх лабораторних робіт виставляється підсумкова оцінка як тематична. Якщо практикум поділяється на декілька змістових модулів (ЗМ), то до залікової відомості виставляються підсумкові (тематичні) оцінки з кожного ЗМ.

Рівні складності лабораторних робіт можуть задаватися:

- через зміст та кількість додаткових завдань і запитань відповідно до теми роботи;
- через різний рівень самостійності виконання роботи (при постійній допомозі викладача, виконання за зразком, докладною або скороченою інструкцією, без інструкції);

- організацією нестандартних ситуацій (формулювання студентом мети роботи, складання ним особистого плану роботи, обґрунтування його, визначення приладів та матеріалів, потрібних для її виконання, самостійне виконання роботи та оцінка її результатів).

До безпосередніх критеріїв оцінки лабораторних робіт слід віднести: вміння студентів застосовувати на практиці набуті під час лекцій та практичних робіт знання, вміння та навички; вміння складати програму діяльності для досягнення мети; наявність критичного, логічного і поступального мислення при визначенні змісту, програми діяльності, оцінці результатів; вміння самостійно добирати набір засобів для реалізації програми діяльності; глибина розуміння змісту опрацьованих знань та міцність їх засвоєння; сформованість навчальних умінь; вміння оформити та презентувати результати своєї роботи.

При оцінюванні практичних знань та вмінь студентів доцільно використовувати характеристики рівнів оволодіння цими вміннями, приклад яких подано у табл. 1.

Таблиця 1 - Характеристика рівня володіння практичними вміннями та навичками

Рівень навчальних досягнень	% набраних балів	Оцінка за шкалою ECTS	Національна оцінка	Критерії оцінювання навчальних досягнень
I. початковий	0 - 24	F	Незадовільно	Студент демонструє вміння користуватися окремими приладами, може скласти схему досліду лише з допомогою викладача, виконує частину роботи, в ході якої допущені суттєві помилки, дотримується правил техніки безпеки.
	25 - 50	FX		
II. середній	51 - 60	E	Задовільно	Студент виконує роботу за зразком (інструкцією) або з допомогою викладача, результат роботи студента дає можливість одержати правильні висновки або їх частину, під час виконання роботи допущені помилки.
	61 - 70	D		
III. достатній	71 - 80	C	Добре	Студент самостійно монтує необхідне обладнання, виконує роботу в повному обсязі з дотриманням необхідної послідовності проведення дослідів та вимірювань. У звіті правильно й акуратно виконує записи, таблиці, схеми, графіки, розрахунки, самостійно робить висновок.
	81 - 90	B		
IV. високий	91-100	A	Відмінно	Студент виконує всі вимоги, передбачені для достатнього рівня, виконує роботу за самостійно складеним планом, робить аналіз результатів, розраховує похибки (якщо потребує завдання). Більш високим рівнем вважається виконання роботи за самостійно складеним оригінальним планом або установкою, їх обґрунтування.

Таким чином, запропоновано підхід до оцінки лабораторного практикуму студентів енергетичних спеціальностей, що враховує особливості підготовки студентів.

Розроблений критерій надалі може бути використаний для підвищення якості підготовки студентів енергетичних спеціальностей.

### **Література**

1. Зварич І. Педагогічна майстерність у процесі оцінювання знань студентів США / Рідна школа. - 2008. - № 6. - С. 76-79.
2. Зельман М. Національне оцінювання навчальних досягнень учнів (досвід США) / Вісник ТІМО. Тестування і моніторинг в освіті. - 2008. - № 9. - С. 24-29.
3. Мунтян Т. Моніторинг якості освіти: види та напрями / Директор школи. - 2008. - № 40. - С. 8-10.
4. Лазарєв М.І. Теоретичні і методичні засади моделювання змісту загальноінженерних дисциплін для технологій навчання студентів: Дис. докт. пед. наук: 13.00.04 - Харків, 2004. - 497 с.
5. Манько В.М. Теоретичні та методичні основи ступеневого навчання майбутніх інженерів-механіків сільськогосподарського виробництва: Автореф. дис. докт. пед. наук: 13.00.04 / Тернопільський нац. пед. ун-т ім. В.Гнатюка. - Тернопіль, 2005. - 40 с.
6. Савченко І. Теорія і практика професійно-технічної освіти в контексті інтеграції України в європейський освітній простір / Професійно-технічна освіта. - 2008. - № 2. - С. 52-53.

### ***SINSYS – ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ОСВОЕНИЯ СТУДЕНТАМИ ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН***

С.М.Есаулов, к.т.н., О.С. Браславец, Е.С. Костина

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

При изучении фундаментальных дисциплин в высшей школе применение персональных компьютеров (ПК) со специальными программными продуктами стало замечательной характеристикой нашего времени. Поэтому обучение студентов умению решать прикладные задачи с помощью компьютерных программ относится к важнейшей задаче высшей школы.

Компьютер, как надежный и многофункциональный инструмент уже используется при выполнении расчетов, моделировании объектов, виртуальных экспериментов, практических задач в графических редакторах и многих других вопросов. В этой связи технические специальности относятся к сфере наиболее эффективного использования программных средств, а нынешнего инженера уже невозможно представить без такого помощника, как бытовой компьютер.

Тесную взаимосвязь дисциплин, изучаемых в высшей школе, студент обнаруживает только при решении конкретных задач, стоящих перед ним, например, при курсовом и дипломном проектировании. Применение индивидуальной подготовки и кругозора, особенно очевидно при проектировании сложных автоматизированных технологических объектов (ТО) и различного электромеханического оборудования.

Почти всегда специфические условия эксплуатации и промышленных, и бытовых технических средств, требуют индивидуального подхода при их син-

тезе. Оригинальность инженерных решений очевидна, когда авторы не только учитывают многие существующие требования к проектируемому ими изделию, но и с завидной точностью применяют известные и свои варианты реализации технических вопросов. Даже небольшие прикладные задачи всегда раскрывают уровень подготовки любого специалиста, который определяется не только традиционными знаниями в конкретной области, но и пониманием экономической ситуации, формируемой рыночным спросом на создаваемое им техническое средство.

В процессе разработки автоматизированного оборудования проектировщики на основании анализа возможных условий его эксплуатации, выявленных законов и критериев управления технологическими параметрами, требований к качеству работы системы автоматики (точность, надежность и др.) обязательно решают следующие задачи, включающие определение:

- статических характеристик и параметрической чувствительности ТО;
- оптимальных условий эксплуатации оборудования;
- динамических свойств ТО и законов регулирования;
- оптимального уровня автоматизации;
- возможности контроля технологических параметров на ТО;
- оборудования, управляемого локальными средствами или с автоматизированных рабочих мест (АРМ);
- объема автоматической защиты и блокировки компонентов технологических систем;
- комплекта серийных технических средств, который пригоден для эксплуатации в конкретных условиях или нуждающегося в эксклюзивном изготовлении;
- мест размещения основного и вспомогательного оборудования, приборов, аппаратуры, АРМ и пр.

Современное электротехническое оборудование чаще всего представляет собой технику нового поколения, отражающей достижения электротехники и механики. Интегрирование мехатронных элементов выполняется на стадии проектирования, что особенно легко понять при изучении средств автоматизации технологических объектов и установок. Мехатроника требует достаточно глубоких знаний электроники особенно при построении машин с качественно новыми характеристиками, получаемыми, например, с помощью магнитокоммутационных машин. В целом мехатронное устройство представляют собой совокупность электрической машины, силового питающего устройства и алгоритма его управления, реализуемого с помощью специального электронного блока.

В этой связи одной из важных задач является знакомство с реальными техническими решениями или их физическими макетами. Учитывая короткий срок морального износа создаваемых ныне цифровых и микропроцессорных устройств, очевидно, что даже самые современные учебные лаборатории спустя сравнительно непродолжительное время превращаются в морально устаревшие объекты и требуют их замены или обновления после существенных капитальных затрат.

Применение компьютерного имитационного моделирования на базе виртуальной электроники в значительной мере способствует быстрой модернизации разрабатываемых учебных электронных макетов. Однако, использование для этих целей моделирующих программ, нередко требует решения проблемы лицензионной чистоты последних до внедрения их в конкретную учебную дисциплину. Кроме того, данные затраты оказываются не всегда оправданы, т.к. в учебном процессе часто используются только фрагменты программных продуктов. В этой связи, очевидным является создание эксклюзивных программных решений и несложных технических средств, которые максимально могут быть адаптированы к учебному процессу с учетом специфики технического оснащения реальных предприятий и выпускаемого современного электротехнического оборудования.

Несложные подобные прикладные задачи решены в учебном программном пакете SinSys, который требует применения соответствующих внешних одного или нескольких приемных (датчиков) и исполнительных (электрических машин) элементов, линий связи, микроконтроллерного модуля сопряжения, персонального компьютера с соответствующими портами и небольших затрат времени для определения настроечных параметров синтезированного устройства автоматизации ТО.

Учебный программный пакет разрабатывался с участием студентов и состоит из электронных лабораторий, которые помогают обучающимся последовательно осваивать вопросы создания, эксплуатации и ремонта компонентов мехатронных систем, в числе которых средства автоматики занимают наиболее важное место. Пакет программ предусматривает использование их не только в учебной лаборатории, но и на домашнем компьютере, т.к. содержит много Windows-приложений, с помощью которых выполняются домашние индивидуальные задания, реализуется лабораторный практикум, организуется test-connet для дистанционного обучения, консультаций и тестирования знаний.

Приложения пригодны для изучения датчиков, исполнительных элементов, логических устройств, расчетов компонентов серийных схем, типовых блоков и др. В пакет включены программы самоконтроля полученных знаний с помощью встроенных экзаменаторов, а многие программы оснащены электронными экспертами, которые с помощью лаконичных подсказок корректируют действия пользователя при работе его в конкретной среде программы. Освоение программного продукта SinSys производится автоматически с помощью всплывающих подсказок и пояснений, что не требует дополнительных затрат времени для этого.

С помощью приложения SauTP в пакете SinSys стало возможным дать вторую жизнь известной системе телеуправления «Гранит», базовые функциональные свойства которой легко обнаружить во многих современных микропроцессорных устройства управления сложными ТО в промышленности, энергетике, на транспорте и пр. SauTP реализован с помощью бытового компьютера, что позволило заменить в «Граните» устаревшую «Электронику», а пульт управления активировать на экране дисплея. SauTP оснащена электронным журналом записи событий, средствами выбора параметров или алгоритмов

управления, сигнализации и пр.

При создании Windows-приложений пакета SinSys, наиболее дешевым способом представляется возможность незамедлительно предлагать любые новые технические решения для их изучения и освоения. Очевидно, что капитальные затраты для реализации такого пути оказываются существенно ниже, чем приобретение физических компонентов, обеспечение реальных условий работы которых в лабораторных условиях создать оказывается часто невозможно. Однако познания новой техники пользователь может приобрести на достаточно высоком уровне, пользуясь оригинальными методическими пособиями и рекомендациями.

## ***ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ***

О.Ф. Бабичева, к.т.н., Л.Г. Катыхина, С.Я. Мирошник

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

Применение компьютерных технологий (КТ) в современных методиках подготовки специалистов становится характерным признаком нашего времени. Актуальны КТ и при освоении будущими специалистами электронного проектирования самых сложных технических устройств, которые часто требуют предварительных специальных исследований, виртуальной реализации известных и оригинальных компонентов и др.

Над решением комплекса подобных задач в настоящее время работают сравнительно небольшие коллективы специалистов, освоившие системы автоматизированного проектирования (САПР) и другие прикладные программные продукты, которые открывают огромные возможности для пользователей персональных компьютеров.

Библиотеки многих программных решений часто содержат примеры, реализующие авторские искусственные подходы, с которыми встречаются все проектировщики. В отдельных САПР виртуальное моделирование основано на использовании известных радиоэлементов – резисторов, конденсаторов и др. Созданные на базе таких компонентов схемы не имеют отношения к реальному устройству, а потому сложно воспринимаются пользователями при исследованиях синтезируемых схем. Несомненно, что лучшей компьютерной моделью может быть только та, в которой учитываются известные технологические величины и есть возможность варьировать ими в известных пределах.

Замечательными чертами, например, программы Micro-Cap являются: возможность графической интерпретации работы схемы; сравнения свойств модели с известными физическими аналогами; подготовке справочных списков популярных компонентов для реализации схем и др.

Программа Matlab является хорошим помощником при изучении динамических свойств ТО. Удобство и возможности экспериментировать на ПК со

всем виртуальным оборудованием доставляет у пользователей огромное удовольствие, т.к. лаборатории Matlab оснащены всем необходимым для создания опытных стендов.

В настоящее время только лицензированные программные продукты открывают широкие возможности для своих пользователей, а в современных условиях, когда версии программ быстро совершенствуются, используемые приложения быстро превращаются в морально устаревшие инструменты и требуют дополнительных затрат для их обновления.

В этой связи для учебных целей на кафедре электрического транспорта ХНАГХ разработана оригинальная программа для синтеза компонентов мехатронных систем SinSys, одобренная МОН Украины. SinSys содержит полезные учебные электронные модели, справочные сведения, примеры, рекомендации для решения прикладных задач, исследовательские стенды и популярные технические решения. В SinSys представлены примеры автоматизированного анализа технологических объектов, а также синтеза аналоговых, цифровых, программируемых и комбинированных электронных устройств. Имеются действующие примеры средств дистанционного обмена информацией, диагностики различного оборудования и др.

Поскольку важным этапом проектирования любого устройства является подготовка соответствующего комплекта технической документации и рабочих чертежей, то результаты, получаемые с помощью программы SinSys, рассматриваются в среде признанного лидера – графического редактора «Компас-3D», включающего графические примеры, выполненные в соответствии с существующими ГОСТ.

«Компас-3D» используется также для реализации инженерных замыслов, касающихся дизайна технических решений, т.к. эти вопросы приходится рассматривать в связи со сбытом изделий на рынке, их эксплуатацией, ежедневным обслуживанием, ремонтом, дальнейшим совершенствованием и пр.

Специфический дизайн требуется при конструировании корпусов электротехнического оборудования и средств автоматики. Для решения отмеченных задач разрабатываются учебные варианты компоновки и оформления различного технологического оборудования.

Поскольку при оформлении оборудования важно учитывать технологию изготовления отдельных элементов, печатных плат, правила монтажа, варианты выполнения разъемных электрических соединений и др., то применение этих знаний удобно иллюстрировать в соответствующих учебных примерах.

Оформление лицевых панелей устройств автоматики привлекает к себе особое внимание при проектировании, т.к. оригинальный дизайн придает изделию запоминающийся современный внешний вид, а успех достигается, если проектировщик владеет знаниями о конструкции всех элементов, которые планируется размещать на видимых частях изделия и др. С помощью программы «Компас-3D» указанные выше задачи решаются в полном объеме.

Возможности программы «Компас» в 2D- и 3D- моделировании эффективно реализуются, особенно, при использовании всей гаммы цветов существующих материалов и покрытий. Создаваемые при этом цветные иллюстрации

представляются в виде пригодном для подготовки рекламных материалов. Очевидно, что опыт разработчика, полученный при этом, применим в самых разных сферах деятельности и на предприятиях с любой формой собственности.

Рассматриваемые вопросы технической эстетики и дизайна в дисциплине автоматизированного проектирования электротехнического оборудования преследуют цель привить у будущих специалистов эстетическое чувство рассматривать проектируемые технические устройства как изделия, которыми приятно и удобно будет пользоваться и при эксплуатации, и во время ремонта.

Нет сомнения, что современные методы автоматизированного проектирования техники с помощью программных средств будут постоянно совершенствоваться, а их освоение способствовать формированию специалистов, подготовка которых существенно отличается от поколения инженеров, знания которых приобретались без современных персональных компьютеров.



## СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ “Современные технологии в электроэнергетике” .....	4
ВЕТРЯНАЯ АККУМУЛИРУЮЩАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ.. .....	4
А.А. Виноградов М.Г. Березуцкий	
ОПТИМІЗАЦІЯ МІСЦЬ СЕКЦІОНУВАННЯ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ЗА КРИТЕРІАЛЬНИМИ ЗАЛЕЖНОСТЯМИ .....	5
П.Д. Лежнюк, д.т.н., проф., В.О. Комар, к.т.н., О. І. Казьмірук	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ВЭУ 2000 В УСЛОВИЯХ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ .....	6
А.А. Виноградов, к.т.н., С.В. Соловьёв	
ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В НАРУЖНОМ ОСВЕЩЕНИИ ....	10
О.Г. Гриб, д.т.н., А.В. Сапрыка, к. т. н., О.Н. Довгалоук, к.т.н., В.А.Сапрыка	
ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ С БОЛЬШИМ ЧИСЛОМ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ.....	13
А.А. Виноградов, к.т.н., С.Н. Костенко	
ВИКОРИСТАННЯ МІЖНАРОДНОГО СТАНДАРТУ МЕК 61850 ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ЦИФРОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ .....	15
Рожков П.П., к.т.н., доц., Рожкова С.Е., к.т.н., доц.	
ПЕРЕНАПРУГИ НА НЕЙТРАЛІ ТРАНСФОРМАТОРІВ.....	18
В.М. Горяжа, Д.В. Рум'янцев	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА НАРУШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ .....	22
О.Г. Гриб, д.т.н., Д.В. Бородин	
МЕТОДИКА И АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ СИСТЕМ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПО ТОКОВЫМ ЦЕПЯМ.....	27
Д.Н. Калужный, к.т.н.	
ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ДИЗЕЛЬНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ В СКЛАДІ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ .....	30
А.В. Хитров, к.т.н., доц., В.П. Морозов, к.т.н., доц.	
ВИСОКОЧАСТОТНЕ ЖИВЛЕННЯ СВІТЛОДІОДІВ ЗМІННОГО СТРУМУ .....	34
В.Ф. Рой, д.ф-м.н., проф., Ю.В. Рой	
БЕЗПЕКА ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ З СУХИМИ ТРАНСФОРМАТОРАМИ ....	35
Серіков Я.О., д.т.н., проф., Гузенко В.В.	
АНАЛІЗ ТРИФАЗНОГО КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	39
В.Г. Ягуп, д.т.н., проф., К.В. Ягуп, к.т.н.	

МЕТОДИКА РОЗСТАНОВКИ ОПОР ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ЗА ПРОФІЛЕМ ТРАСИ.....	42
В.П. Шпачук, д.т.н., В.О. Склярів, к.т.н.	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА, ВОЗНИКАЮЩЕГО ОТ ПОДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НИЗКОГО КАЧЕСТВА.....	44
И.А. Самойленко	
ПРИНЦИПИ КОНСТРУЮВАННЯ МАЛОПОТУЖНИХ ВЕУ НА ПРИСАДИБНІЙ ДІЛЯНЦІ .....	46
В.Я. Жарков, к.т.н., доц.	
БУДОВА, ПРИНЦИП ДІЇ, ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ЕЛЕГАЗОВИХ ВМИКАЧІВ ТА БЕЗПЕЧНЕ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ.....	51
Я.О. Серіков, к.т.н., проф., О.А. Якунін	
СЕКЦИЯ “Энергоэффективность в электроэнергетике” .....	54
К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБИНЫ ПРОВАЛА НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ .....	54
А.И. Колбасин, к.т.н., доц., В.П. Михайлов, И.Г. Натарева	
КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ НАГРУЗКИ ТЯГОВОЙ ТП ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА .....	55
А.И. Дорошенко, к.т.н., Д.Н. Куанг, асп.	
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ.....	59
С.А. Душанин	
ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ ВИПРЯМЛЯЮЧОЇ УСТАНОВКИ З ВОЛЬТОДОДАВАЛЬНИМ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ.....	61
В.В. Панченко, ст. викл.	
ДО ПИТАННЯ ВИБОРУ ПРОЦЕДУРИ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ НЕСТАЦІОНАРНИХ СИГНАЛІВ ПРИ АНАЛІЗІ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ .....	62
О.Г. Гриб, д.т.н., проф., Д.І. Абраменко	
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НЕТЯГОВИМИ СПОЖИВАЧАМИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ.....	65
В.Г. Кузнецов, к.т.н., доц.; Т.І. Кирилюк, ас.	
УВЕЛИЧЕНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ВЕЩЕСТВОМ В СВЧ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ.....	66
С.В. Кукобмо, к.т.н., с.н.с., Е.С. Рошупкин, к.т.н., с.н.с., Г.В. Рибалка, к.т.н., В.А. Маслов	
ВПЛИВ ВЕЛИЧИН НАВАНТАЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ НА ТОЧНІСТЬ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ АСКОВЕ .....	70
В.Ф. Рой, д.ф.-м.н., проф., С.А. Приведений	

АНАЛІЗ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ МЕРЕЖІ В НЕОДНОРІДНОМУ КООРДИНАТНОМУ БАЗИСІ .....	72
В.Г. Ягуп, д.т.н., проф., К.В. Ягуп, к.т.н.	
ВЛИЯНИЕ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ.....	73
С.В. Ольховиков, к.т.н., С.В. Герасимов, к.т.н., с.н.с.	
СНИЖЕНИЕ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА НУЖДЫ УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ.....	74
А.А. Виноградов, к.т.н., Ю.Н. Моисеенко	
ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ КОЛЕКТОРНО–ЩІТКОВОГО ВУЗЛА МАШИН ПОСТІЙНОГО СТРУМУ .....	78
Ю.О. Ясинський, к.т.н.	
СТВОРЕННЯ НЕТРАДИЦІЙНИХ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПАЛИВ .....	81
О.В. Жемеренко	
ОПТИМИЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ЖИВЛЕННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ .....	84
О.Ю. Полішук, В.Ф. Рой, д.ф-м.н., проф., Ю.В. Рой	
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ГОРОДСКОМ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТЕ.....	85
В.И. Скурихин	
УЛУЧШЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА.....	86
Я.В. Щербак, д.т.н., проф., В.Г. Ягуп, д.т.н., проф., Е.Я. Ивакина, инж.	
К ВОПРОСУ ОБ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С ИМПУЛЬСНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ С ТЯГОВЫМИ ПОДСТАНЦИЯМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА.....	87
И.В. Слободчиков, асп.	
ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ЗАНУРЕНИХ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ.....	88
Ю.О. Ясинський, к.т.н.	
ВПРОВАДЖЕННЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНОГО АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА В ЛІФТОВОМУ ГОСПОДАРСТВІ.....	91
М.І. Шпіка, к.т.н., Н.О. Грищенко	
АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПРИСТРОЇВ ЗАХИСТУ ЛІНІЇ 6(10) кВ ВІД КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ.....	92
Лисиченко М.Л., д.т.н., проф., Гузенко В.В.	

СЕКЦИЯ “Подготовка специалистов для электротехнической отрасли” .....	96
ІДЕЙНО-ТЕОРЕТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ .....	96
О.І. Дорошенко, канд. техн. наук	
ТРЕНАЖЕРНА ПІДГОТОВКА ПЕРСОНАЛУ ВІЙСЬКОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ .....	99
Новічонок С.М., к.т.н., доц., Рогозін І.В., Терентьева І.В.	
ФЕНОМЕН ДУХОВНОСТИ В ХАРАКТЕРИСТИКЕ ОСНОВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНТЕЛЛИГЕНЦИИ..	100
Радионова Л.А., к.ф.н., доц.	
ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ СТУДЕНТІВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ .....	104
Гриб О.Г., д.т.н., проф., Довгалюк О.М., к.т.н., доц., Блощенко Т.В., інженер	
SINSYS –ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ОСВОЕНИЯ СТУДЕНТАМИ ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН .....	107
С.М.Есаулов, к.т.н., О.С. Браславец, Е.С. Костина	
ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....	110
О.Ф. Бабичева, к.т.н., Л.Г. Катыхина, С.Я. Мирошник	

Абраменко Д.І. 62	Михайлов В.П. 40, 54
Бабичева О.Ф. 110	Морозов В.П. 30
Блощенко Т. В. 104	Моисеенко Ю.Н. 74
Браславец О.С. 107	Натарова И.Г. 54
Березуцкий М.Г. 4	Новичонок С.М. 99
Бородин Д.В. 22	Ольховиков С.В. 73
Виноградов А.А. 4, 6, 13,74	Панченко В.В. 61
Гаряжа В.Н. 18	Поліщук О.Ю. 84
Герасимов С.В. 73	Приведений С.А. 70
Гриб О.Г. 10, 22, 40, 62, 104	Радионова Л.А. 100
Грищенко Н.О. 91	Рибалка Г.В. 66
Гузенко В.В. 35, 92	Рогозин И.В. 99
Довгальук О.Н. 10, 104	Рожков П.П. 15
Дорошенко А.И. 56, 96	Рожков С.Е. 15
Духанин С.А. 59	Рой В.Ф. 30, 70, 84
Есаулов С.М. 107	Рой Ю. В. 30, 84
Ивакина Е.Я. 86	Румянцев Д.В. 18
Жарков В.Я. 46	Самойленко И.А. 44
Жданов Р.В. 40	Сапрыка А.В. 10
Жемеренко О.В. 81	Сапрыка В.А. 10
Калюжный Д.Н. 27	Сериков Я.А. 35, 51
Казьмірук О.І. 5	Слободчиков И.В. 87
Катыхина Л.Г. 110	Скляров В.А. 42
Кирилук Т.И. 65	Скуріхін В.І. 26
Комар В.О. 5	Соловьев С.В. 6
Колбасин А.И. 44	Терентьева И.В. 99
Костина Е.С. 107	Шпачук В.П. 42
Костенко С.Н. 13	Шпіка М.І. 91
Куанг Д.Н. 56	Шербак Я.В. 86
Кузнецов В.Г. 65	Харитонов А.В. 40
Кукумбо С.В. 66	Хитров А.В. 30
Лежнюк П.Д. 4, 52	Ягуп В.Г. 39, 72, 86
Лисиченко М.Л. 91	Ягуп Е.В. 39, 72
Маслов В.А. 66	Якунин А.А. 51
Мирошник С.Я. 110	Ясинский Ю.А. 83

Научное издание

**Новейшие технологии в электроэнергетике**

Материалы III Международной научно-технической Интернет-конференции

*Март 2010 г.*

Ответственный за выпуск *проф. М.С. Золотов*

Материалы представлены в авторской редакции

Підп. до друку 22.07.2010 р.

Формат 60x84 1/16

Друк на ризографі

Ум. друк. арк. 4,91

Тираж 100 пр.

Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: ДК №731 від 19.12.2001